Aus der Abteilung Pathophysiologie und Neuro-Ophthalmologie
Ärztliche Direktorin: Professor Dr. E. Aulhorn
der Augenklinik der Universität Tübingen

Der Einfluß trockener und nasser Fahrbahndecken auf den Erkennungsabstand von Kraftfahrern in Blendungssituationen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt
von

Heinrich Jauker

aus

Oberndorf a. N.

1980

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549627_0041

Aus der Abteilung Pathophysiologie und Neuro-Ophthalmologie
Ärztliche Direktorin: Professor Dr. E. Aulhorn
der Augenklinik der Universität Tübingen

Der Einfluß trockener und nasser Fahrbahndecken auf den Erkennungsabstand von Kraftfahrern in Blendungssituationen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt
von
Heinrich Jauker
aus
Oberndorf a. N.

1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. H. Heimann
Berichterstatter: Professor Dr. E. Aulhorn

FOTODRUCK H. RESCH · Georgstr. 50 · 7402 Kirchentellinsfurt

Meinen Eltern

Die vorliegende Arbeit entstand unter der Leitung von Frau Prof. Dr. med. Elfriede Aulhorn an der Abteilung Ophtalmologie III der Augenklinik der Universität Tübingen.

Die Untersuchungen wurden durchgeführt mit Unterstützung der Herren Axel Riester und Otto Plhak.

Für jegliche Unterstützung möchte ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken. Besonderen Dank schulde ich meiner Frau Eva-Maria für ihre Geduld bei der Herstellung der Abbildungen.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
A)	EINFÜHRUNG UND AUFGABENSTELLUNG	1
B)	METHODIK	5
1.	Allgemeine Vorbemerkungen zu den möglichen Meßverfahren	5
2.	Die Versuchsstrecke	7
3.	Versuchsfahrzeuge	8
4.	Versuchspersonen	9
5.	Wetterbedingungen	1o
6.	Bestimmung des Versuchsablaufs und der Meßgröße	1o
6.1.	Grundsätzliche Überlegungen zum Begriff - Erkennungsabstand -	1o
6.2.	Die Messung des Erkennungsabstands	12
6.2.1.	Prinzipielles Vorgehen	12
6.2.2.	Bestimmung des Kriteriums - Erkennen -	12
7.	Beschreibung des Versuchsablaufs	13
7.1.	Vorversuche	13
7.1.1.	Vorversuche ohne Blendung	13
7.1.2.	Vorversuche mit Blendung	14
7.1.2.1.	Bestimmung der Hornhautbeleuchtungsstärke des Beobachters bei Blendung durch Abblendlicht	14
7.2.	Die Messung des Erkennungsabstands bei Fahrversuchen unter Blendung	15

		Seite
7.2.1.	Allgemeines	15
7.2.2.	Beschreibung der verschiedenen Blendsituationen	16
C)	DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE	2o
1.	Das Gesichtsfeld des Kraftfahrers	2o
1.1.	Das Gesichtsfeld des Kraftfahrers bei Begegnung mit einem anderen Fahrzeug auf nächtlicher Straße	2o
1.2.	Beschreibung der lichttechnischen Eigenschaften von Fahrbahndecken und deren Veränderungen bei Nässe	22
2.	Ergebnisse der Vorversuche ohne Blendung	27
3.	Ergebnisse der Messung der Hornhautbeleuchtungsstärke bei Begegnung mit einem entgegenkommenden Fahrzeug	29
3.1.	Hornhautbeleuchtungsstärken bei Blendung durch Abblendlicht	29
3.2.	Hornhautbeleuchtungsstärken bei Blendung durch Fernlicht	33
4.	Ergebnisse der Versuche bei Blendung	34
4.1.	Vorbemerkungen	34
4.2.	Darstellung der Ergebnisse bei Blendung durch Abblendlicht	36
4.2.1.	Ergebnisse für die Standorte des Fußgängers hinter dem Blendfahrzeug	36
4.2.1.1.	Ergebnisse für einen hellgekleideten Fußgänger und Blendung durch konvent. und Halogen-Abblendlicht	36

4.2.1.2.	Ergebnisse für einen dunkelgekleideten Fußgänger und Blendung durch konvent. und Halogen-Abblendlicht	37
4.2.2.	Ergebnisse für die Standorte des Fußgängers vor dem Blendfahrzeug	37
4.2.2.1.	Ergebnisse für einen hellgekleideten Fußgänger und Blendung durch konvent. und Halogen-Abblendlicht	38
4.2.2.2.	Ergebnisse für einen dunkelgekleideten Fußgänger und Blendung durch konvent. und Halogen-Abblendlicht	38
4.3.	Darstellung der Ergebnisse bei Blendung durch Fernlicht	39
4.3.1.	Ergebnisse für einen hellgekleideten Fußgänger und Blendung durch konvent. und Halogen-Fernlicht	39
4.3.2.	Ergebnisse für einen dunkelgekleideten Fußgänger und Blendung durch konvent. und Halogen-Abblendlicht	4o
5.	Zur Reproduzierbarkeit der Ergebnisse	58
D)	BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE	6o
E)	SCHLUSSBETRACHTUNG UND FOLGERUNGEN	71
F)	ZUSAMMENFASSUNG	75
G)	LITERATURVERZEICHNIS	77

A) EINFÜHRUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Das Auge ist für den Kraftfahrer im Straßenverkehr das wichtigste Sinnesorgan. Es vermittelt ihm Informationen, ohne die er sein Fahrzeug nicht lenken könnte. Ein gesundes Sehorgan ist also unabdingbare Voraussetzung für die Fahrfähigkeit des Verkehrsteilnehmers.

Bei Tageslicht liegen dem Auge dazu meist günstige Voraussetzungen vor. Die Tageshelligkeit ermöglicht photopisches, also foveales Sehen. Augengesunde haben dabei ihre optimale Sehschärfe und Kontrastempfindlichkeit für die Sehdinge in ihrem Gesichtsfeld. Bei günstiger Straßenführung können so auf weite Entfernungen eventuelle Hindernisse erkannt werden.

Anders sind die Verhältnisse bei Dunkelheit. Hier ist im Straßenverkehr die Sehfähigkeit von künstlicher Beleuchtung abhängig. Es gelten die Gesetzmäßigkeiten des Dämmerungssehens oder mesopischen Sehens. Hierbei liegt zwar auch noch foveales Sehen vor, aber die foveale Lichtempfindlichkeit ist nicht grösser als die der angrenzenden Netzhautbereiche. Für das mesopische Sehen ist charakteristisch:

1. Herabgesetzte Sehschärfe
2. Geringere Kontrastempfindlichkeit
3. Höhere Anforderungen an die Hell-Dunkel-Adaptation, wegen der größeren relativen Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld
4. Vermehrte Blendung

Hinzu kommt, daß die sogenannte Sichtweite jetzt von der Reichweite der künstlichen Beleuchtung, also meistens von den Fahrzeugscheinwerfern abhängig ist.

Die Verschlechterung des Sehens verstärkt sich noch bei nassen Fahrbahnen. Denn während bei Trockenheit noch eine verhältnismäßig gleichmäßige Ausleuchtung der Fahrbahn erfolgt, erscheint diese bei Nässe meist sehr ungleichmäßig ausgeleuchtet. Helle und sehr dunkle Bereiche wechseln miteinander ab: Im eigenen Scheinwerferlicht erscheint sie dunkler, während im Lichte der entgegenkommenden Kraftfahrzeuge helle Reflexstreifen entstehen.

Eine wesentliche Ursache für die Sehverminderung und die visuellen Mißempfindungen von Kraftfahrern im nächtlichen Straßenverkehr ist die Blendung.

Es gibt verschiedene Arten der Blendung. Allen gemeinsam aber ist, daß dabei ein durch sehr unterschiedliche Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld hervorgerufener Zustand besteht, der durch eine Herabsetzung des Sehvermögens (physiologische Blendung) und ein subjektives Störgefühl (psychologische Blendung) charakterisiert wird.

Die unterschiedliche Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld eines Kraftfahrers im nächtlichen Straßenverkehr ist charakterisiert durch die geringe Leuchtdichte der Fahrbahn und des übrigen Umfelds und durch die hohen Leuchtdichten der Fahrzeugscheinwerfer oder anderer Leuchten, sowie deren Reflexbilder. Dieses gegenüber der Tagessituation stark veränderte Umfeld wird auf der Netzhaut abgebildet und es kommt dort nun zu den die Blendung bedingenden physiologischen Erscheinungen.

Die hellen Lichtpunkte der Scheinwerfer werden im allgemeinen parafoveal abgebildet. Zur fovealen Abbildung kommt es nur dann, wenn der Kraftfahrer unvernünftigerweise direkt in die Scheinwerfer hineinblickt. In der Umgebung des Bildes der Lichtquelle auf der Netzhaut kommt es zur Ausbildung von Streukreisen.

Ihre Ausdehnung wird durch die Ausdehnung des Bildes, wie auch durch die anatomische Struktur der Netzhaut bestimmt. Erreicht dieser Streukreis die Fovea, auf der das fixierte Objekt abgebildet ist, so kommt es durch eine Verminderung des Bildkontrastes zur Sehherabsetzung. Die sehvermindernde Wirkung der Streukreise wird um so stärker sein, je näher die Abbilder der Scheinwerfer an der Fovea liegen, d. h. je kleiner der Winkel zwischen der Einfallsrichtung der Blendquelle und der Fixierlinie ist. Dieser Winkel wird Blendwinkel genannt.

Eine weitere Verminderung des Bildkontrastes auf der Netzhaut, die vom Blendwinkel unabhängig ist, entsteht durch die Schleierleuchtdichte, die sich durch eine diffuse Streuung des Lichtes in den nicht absolut klaren optischen Medien des Augapfels und einer dadurch entstehenden Aufhellung des gesamten Augeninneren im Sinne des ULBRICHT-KUGEL-Effektes bedingt ist (vielfache Streuung von Licht, das in einen Kugelraum einfällt).

Die beschriebenen Erscheinungen führen zu einer relativen Angleichung der Leuchtdichteunterschiede der abgebildeten Sehdinge auf der Netzhaut, zu einem "Einebnen der Kontraste", so daß Dinge, die vor der Blendung möglicherweise gerade noch sichtbar waren, nun nicht mehr sichtbar sind, weil sie nicht mehr genügend Leuchtdichteunterschied zum Hintergrund haben, den zum Wahrnehmen notwendigen Schwellenkontrast also nicht mehr erreichen.

Die Auswirkungen der Blendung sind am stärksten bei geringer Umfeldleuchtdichte, da dann die Sehobjekte relativ grossen Kontrast zur Umgebung haben müssen, um für das Auge wahrnehmbar zu sein. Die Stärke der physiologischen Blendstörung ist proportional der Intensität des Blendlichts und umgekehrt proportional dem Quadrat des Blendwinkels.

Man sollte meinen, daß diese Nachteile des Sehens im nächtlichen Straßenverkehr die Kraftfahrer zu verstärkter Vorsicht, vor allem aber zur Verminderung der Fahrgeschwindigkeit ver-

anlaßt. Tatsächlich wird aber bei Dunkelheit nur unwesentlich langsamer gefahren. Dies führt zu einer Erhöhung der Unfallrate und Unfallschwere (BITZL, F. 1954, MACH, N. 1963). Das STATENS VÄG - ON TRAFIKINST RAPPORT 1974 in Schweden findet eine 1,3 bis 3 mal größere Unfallrate bei Dunkelheit. Es nennt als Hauptursachen geringe Sichtweite und Nässe, sowie als Hauptopfer den Fußgänger. Nach SABEY 1973 sind bei Dunkelheit auf nassen Straßen 2o Prozent mehr Unfälle zu erwarten, als unter trockenen Bedingungen.

Eine Untersuchung der Sehverhältnisse bei Dunkelheit und ihre qualitative und quantitative Erfassung ist im Labor und im Freien auf einer Versuchsstrecke möglich. Dabei können unter anderem Parameter wie

Sehschärfe
Kontrastempfindlichkeit
Adaptationszeiten (PFEIFFER, G. 1972)
Erkennungszeiten (sog. Sehgeschwindigkeit nach de BOEUR, J.B. 1957)

bestimmt werden.

Die beste Methode für das Erkennen verkehrsrelevanter Objekte erschien uns die Messung des Erkennungsabstandes. Dies ist der Abstand zwischen einem Fahrzeug und einem Hindernis auf der Straße zu dem Zeitpunkt, da der Fahrzeuglenker das Objekt erkennt. Von der Größe dieses Abstands hängt es hauptsächlich ab, ob dem Kraftfahrer genügend Freiraum zu sinnvollem Verhalten bleibt.

Hauptthema der vorliegenden Arbeit ist die Messung und der Vergleich von Erkennungsabständen für Fußgänger auf trokkenen und nassen Fahrbahnen in Blendungssituationen.

B) METHODIK

1. Allgemeine Vorbemerkungen zu den möglichen Meßverfahren.

Zur Messung des Einflusses der Blendung auf die Sehfähigkeit kennt man eine Reihe mehr oder weniger empfindlicher Methoden.

Die Simulation von Verkehrssituationen im Labor, die meist einen großen technischen Aufwand erfordert, liefert wahrscheinlich die exaktesten Ergebnisse. Es können, wenn die Versuchseinrichtungen erst einmal stehen, stets konstante Bedingungen eingehalten werden. Einzelne Parameter können stufenweise geändert und so ihr Einfluß gemessen werden.

J.B. de BOEUR (1957) hat mittels Großphotos, verschiedener Lichtquellen und komplizierter Spiegelanordnungen realistische Straßensituationen aufgebaut, wobei er Parameter wie Straßenleuchtdichte, Zahl, Position und Leuchtdichte von Blendquellen beliebig verändern konnte. Bestimmt wurden dabei die Auswirkungen der psychologischen Blendung, indem entsprechend dem subjektiven Urteil der Versuchspersonen die genannten Variablen verändert wurden. Im Labor können natürlich auch physiologische Untersuchungen vorgenommen werden, wie die Messung der Schwellenleuchtdichte, die ein Objekt unterschiedlicher Form und Größe haben muß, bis es sich für das Auge wahrnehmbar von seinem Umfeld abhebt.

Eine höhere Leistung als das einfache Wahrnehmen ist das Erkennen von Sehdingen. Bei Laborversuchen werden dazu häufig Landolt-Ringe oder sogenannte "Nasenscheiben" nach HARTMANN verwendet, die drehbar gelagert sind und wobei von den Versuchspersonen die Stellung der Lücke im Landolt-Ring bzw. der Nase an der Nasenscheibe genannt werden muß.

Abb. 1 a) LANDOLT-Ring b) Nasenscheibe

Während die Messung der Schwellenleuchtdichte für Wahrnehmen noch relativ präzise Ergebnisse liefert, steigt die Fehlerquote, wenn das Erkennen von Sehdingen verlangt wird (RÜSSEL 1957).

Versuche im Freien kommen den tatsächlichen Gegebenheiten im Straßenverkehr näher, doch wird es schwieriger, immer gleichbleibende Versuchsbedingungen einzuhalten. Hauptsächlich die Witterungsverhältnisse gewinnen an Einfluß: Nässe, Nebel, Eis und Schnee verändern das Aussehen einer Versuchsstrecke.

Ausreichende Genauigkeit der Ergebnisse und gute Übertragbarkeit auf wirkliche Verkehrssituationen hängen stark von der gewählten Versuchsanordnung ab. Beide Forderungen sind gleichzeitig nur unzureichend erfüllbar.

Verwendet man im Freien "labormäßige" Bedingungen, wie

- stationäre Anordnung der Meßgeräte, Leuchtquellen und Sehobjekte,
- Verwendung von Rechtecken, Landolt-Ringen oder Nasenscheiben als Sehobjekte,
- vorbereitete, "befangene" Versuchspersonen,

so erhält man entsprechend den Laborversuchen zwar genaue Ergebnisse, hat jedoch Schwierigkeiten, diese auf tatsächliche Verkehrssituationen zu beziehen.

Versucht man jedoch unter natürlichen Verkehrsbedingungen zu arbeiten, wie durch Benutzung von

- öffentlichen Straßen als Versuchsstrecken,
- zugelassene Kraftfahrzeuge als Versuchsgerät,
- Fußgänger, Radfahrer o.ä. als Sehobjekte,
- unvoreingenommene Kraftfahrer als Versuchspersonen,

so leidet die Meßgenauigkeit und damit die Aussagekraft. Hinzukommt, daß solche realistische Versuchsanordnungen in praxi nur schwer durchzuführen sind. Es ist beispielsweise sehr schwierig mit unbefangenen Fahrern zu arbeiten. Allein schon das Wissen um die Teilnahme an einem Versuch verändert die Reaktionsbereitschaft eines Probanden und damit seine Unvoreingenommenheit. Vor dem Hintergrund dieser Probleme sind auch RUMARs Versuche zu betrachten (197o), eine Beziehung zwischen den Ergebnissen unbefangener und trainierter Versuchspersonen herzustellen. Er findet, daß die Erkennungsabstände unvoreingenommener Probanden nur etwa halb so groß sind, wie die Ergebnisse trainierter Probanden. ARNOLD fand, daß die Ergebnisse von Probanden, die einen zweiten Durchgang machten, um etwa 45% besser waren. Auch hier spielt sicherlich der Trainingseffekt des ersten Durchgangs eine Rolle bei der Verkürzung des Erkennungsabstandes.

Versuche im Freien haben fast alle Untersucher durchgeführt, die auch Laborversuche unternommen haben (AULHORN u. Mitarb., de BOEUR u. M., RUMAR K., PFEIFFER G., RÜSSEL u.a.m.), wobei die Untersuchungsbedingungen und ihr Realitätsbezug unterschiedlich waren.

Die von uns für diese Arbeit gewählten Methoden sollten soweit als möglich natürliche Verkehrsbedingungen simulieren.

2. Die Versuchsstrecke

Als Versuchsstrecke wurde eine wenig befahrene Nebenstraße benutzt, die eine Reihe von Vorzügen, aber auch einige Nachteile bot.

Das benutzte Straßenstück war über eine Strecke von etwa 5oo m gerade und eben verlaufend. Beidseits der Fahrbahn waren schmale Grünstreifen von etwa 1,5 m Breite und daran anschliessend Ackerland bzw. Wiese. Rechts der Fahrbahn befanden sich außerdem in regelmäßigen Abständen Telefonleitungsmaste aus Holz. Fahrbahnmarkierungen und Leitpfosten waren nicht vorhanden.

Die Fahrbahndecke bestand aus Asphaltfeinbeton, der geringfügig körniger in seiner Oberflächenstruktur war, als bei vergleichbaren Decken größerer und befahrenerer Straßen.

Von Nachteil war die geringe Straßenbreite von 4 m. Es war zu erwarten, daß hauptsächlich wegen des im Vergleich zu breiteren Straßen kleineren Blendwinkels, das Ausmaß der Blendung während der Begegnung der Fahrzeuge besonders groß sein wird (POWERS u. SOLOMON 1965). Allerdings sind solche Begegnungssituationen keineswegs selten: beispielsweise bei Überholmanövern, besonders auf mehrspurigen Straßen.

Als Versuchsstrecke hätte man natürlich auch neue, noch nicht in Betrieb genommene Straßen benutzen können, doch haben diese andere lichttechnische Eigenschaften.

Störend auf die Organisation und rasche Abwicklung der Versuche wirkte sich auch der durchfahrende Verkehr aus. Wenn er auch gering war, so hinderte er doch den Versuchsablauf, da die Straße auf große Entfernung sehr gerade verlief und deshalb fremde Scheinwerfer schon von weither sichtbar und damit störend waren. Für die Dauer dieser zusätzlichen Blendung wurden deshalb die Messungen unterbrochen.

Für die Dauer der Versuchsarbeiten wurden auf der Fahrbahndecke Markierungen mit Farbe angebracht, um Standorte für Meßtäfelchen o.ä. leicht wiederfinden zu können. Sie waren bei Dunkelheit auf der Fahrbahn wegen ihres Farbtons nur bei naher Betrachtung auszumachen und hatten somit keinen Einfluß auf die Leuchtdichteverhältnisse der Fahrbahn und die Entscheidungen der Versuchspersonen.

3. Versuchsfahrzeuge

Als Versuchsfahrzeuge wurden im Straßenverkehr zugelassene Fahrzeuge verwendet.

Als Beobachterfahrzeug wurde ein OPEL KADETT B mit konventionellem Beleuchtungssystem verwendet - bestückt mit runden Scheinwerfern und Bilux-Lampen.

Als Blendfahrzeug standen ein VW-Käfer 1300 mit ebenfalls konventionellem Scheinwerferpaar (rund, Bilux-Lampen) und ein OPEL KADETT C mit flachliegenden Scheinwerfern und H 4 - Lampen zur Verfügung.
Die Frontscheinwerfer wurden vor den Versuchen in einer Kfz-Werkstatt vorschriftsmäßig eingestellt. Um möglichst gleichbleibende Bedingungen einzuhalten wurde bei den Versuchen immer auf die Sauberkeit der Scheinwerferstreuscheiben und der Frontscheibe des Beobachterfahrzeugs geachtet. Letztere hatte bei Versuchsbeginn eine Betriebsdauer von 70 000 km hinter sich. In diesem Zusammenhang muß darauf hingewiesen werden, daß das Streulicht in alten, zerkratzten Windschutzscheiben zu einer erheblichen Seheinschränkung führt (PFEIFFER G. 1970).

Die Kofferraumzellen der Fahrzeuge waren während der Versuche nicht belastet, so daß der vorgeschriebene Neigungswinkel der Hell-Dunkelgrenze des Abblendlichtes im Rahmen üblicher, technisch bedingter Schwankungen gegeben war.

4. Versuchspersonen

An den Versuchen beteiligt waren drei augengesunde Männer im Alter von 24, 26 und 28 Jahren. Die Sehschärfe betrug bei allen auf beiden Augen mindestens 1,0.

Bei der Untersuchung der Dämmerungssehleistung mit dem Mesoptometer nach dem Verfahren von AULHORN, E. und HARMS, H. (1970) erreichten alle drei Versuchspersonen altersentsprechende Werte.

Die Untersuchergruppe führte, neben den hier beschriebenen, weitere Versuche über den unterschiedlichen Einfluß von konventionellem und Halogenlicht und über den Einfluß von verschiedenen Fußgängerkleidungen auf den Erkennungsabstand eines Kraftfahrers in Blendungssituationen durch.

Bei den hier beschriebenen Versuchen wurden abwechselnd zwei Beobachter eingesetzt. Die dritte Person stellte den mit verschieden hell reflektierenden Stoffen bekleideten Fußgänger dar.

5. Wetterbedingungen

Die Versuchsfahrten wurden bei trockener und nasser Fahrbahn durchgeführt.
Die Versuche bei Trockenheit wurden vor allem in den Sommermonaten abgewickelt, in denen optimale Bedingungen herrschten. Beim Auftreten von Nebel, vor allem in den späten Nacht- und frühen Morgenstunden, wurde abgebrochen.

Sehr schwierig war die Einhaltung einigermaßen gleicher Bedingungen bei den Untersuchungen auf nasser Fahrbahn.
Es war eine von einem gleichmäßigen Regen benetzte, "spiegelnde" Fahrbahn vorausgesetzt worden. Abtrocknende oder überschwemmte, von starkem Regen gepeitschte Straßenoberflächen stellten, wie Beobachtungen bei Vorversuchen zeigten, andere Umfeldbedingungen im Gesichtsfeld eines Fahrers dar.
Gleichermaßen wurden die Versuche abgebrochen wenn in der kalten Jahreszeit Regen in Schnee überging.

6. Bestimmung des Versuchsablaufs und der Meßgröße

6. 1. Grundsätzliche Überlegungen zum Begriff - Erkennungsabstand

Unter Berücksichtigung der Sehbedingungen und Beleuchtungsverhältnisse im nächtlichen Straßenverkehr gibt es für den Kraftfahrer, wenn er eine Kollision mit Hindernissen auf der Fahrbahn vermeiden will, folgende wichtige Überlegungen:

- Er muß ein Hindernis auf der Fahrbahn erkennen können.
- Es muß zum Zeitpunkt des Erkennens noch genügend Distanz zwischen ihm und dem Hindernis sein, um sinnvoll reagieren zu können.

Das bloße Wahrnehmen von Leuchtdichteunterschieden genügt meistens nicht, um den Kraftfahrer zum Halten oder Ausweichen zu veranlassen. Hindernisse können, wenn sie nicht in ihrer Form und Bedeutung erkannt worden sind, mit Unebenheiten, Flecken, Flickstellen usw. auf der Fahrbahn verwechselt werden. Dies kann um so leichter geschehen, je schlechter der Zustand der Fahrbahn ist.

Wahrnehmen würde beispielsweise beim Fahrer die Reaktion auslösen: "Da ist irgend eine Unregelmäßigkeit auf der Fahrbahn!". Erkennen aber hieße: "Da ist ein Fußgänger am Fahrbahnrand!"

Den beschriebenen Abstand zwischen einem Hindernis - in unserem Falle einem Fußgänger - und einem auf der gleichen Fahrbahnseite fahrenden Fahrzeug haben wir mit

- Erkennungsabstand -

bezeichnet.

Die damit gemeinte Distanz wurde in der Literatur von einigen Autoren mit anderen Namen versehen.

Die Bezeichnung Sichtweite (oder auch Sehweite) ist ein vieldeutiger Begriff. Zwar wird immer wieder daraufhingewiesen, daß diese Sichtweite von vielen Einflüssen abhängig ist, trotzdem neigt man dazu, Sichtweite von Einzelbedingungen abhängig zu machen. So spricht man zum Beispiel, ohne Bezug zu einem bestimmten Sehobjekt, von "Sichtweite bei Nebel" oder "Sichtweite bei Benutzung des Abblendlichts" u. ä. und vernachlässigt dabei, daß außerdem der Auffälligkeitsgrad des Hindernisses und viele andere Faktoren gleichzeitig die Größe der "Sichtweite" bestimmen.

Die DIN 58 387 (BEHRENS, H. 1964) spricht dagegen treffender von Erkennbarkeitsweite und meint damit die größte Entfernung, in der unter gegebenen äußeren Bedingungen, ein Gegenstand erkannt werden kann.

Unsere Bezeichnung Erkennungsabstand erschien uns besser, weil das Teilwort "Abstand" begrifflich zwingender die Be-

deutung des zu erkennenden Objekts mit einbezieht, während "Weite" vom Beobachter auszugehen scheint und den Einfluß der Sehobjekte nicht berücksichtigt.

6.2. Die Messung des Erkennungsabstands

6.2.1. Prinzipielles Vorgehen

Eine Versuchsperson fährt in einem PKW mit eingeschaltetem Abblendlicht langsam auf der rechten Straßenseite, während sie von einem auf der anderen Straßenseite in Gegenrichtung stehenden Fahrzeug geblendet wird.

An irgendeinem Punkt am Rand der Beobachter-Fahrbahn steht ein Fußgänger. Mit Erreichen des Standorts, an dem der Kraftfahrer (im folgenden Beobachter genannt) den Fußgänger als solchen erkennt, wird angehalten und die Entfernung zwischen Beobachterfahrzeug und Fußgänger gemessen.

6.2.2. Bestimmung des Kriteriums "Erkennen"

Für die Versuchspersonen wäre es zu schwierig gewesen, einfach nur den Zeitpunkt anzugeben an dem sie als Beobachter den Fußgänger erkennen. Da sie gezwungenermaßen auf einen auftauchenden Fußgänger vorbereitet waren, wäre dann die Grenze zwischen Wahrnehmen und Erkennen fließend und damit kaum meßbar gewesen.

So mußte ein Unterscheidungsmerkmal gefunden werden, das von den Versuchspersonen richtig erkannt und bezeichnet werden sollte und charakteristisch genug für das Sehobjekt "Fußgänger" ist.

In Vorversuchen haben wir solche Merkmale untersucht. So haben wir beispielsweise den Fußgänger abwechselnd eine Tasche in der rechten oder linken Hand tragen lassen und den Beobachter aufgefordert, die Tragweise zu nennen.

Es hatte sich jedoch herausgestellt, daß dieses Kriterium im allgemeinen zu spät erkannt wurde, da bereits zu einem früheren Zeitpunkt bzw. Standort sich die Unterschenkel des Fußgängers deutlich und scharf abzeichneten, so daß das Merk-

mal später erkannt wurde, als das Sehobjekt selbst.

Mit der Erkenntnis, daß die Beine des Fußgängers bei Nacht hauptsächliches Erkennungsmerkmal für einen sich nähernden Kraftfahrer sind, haben wir uns entschlossen, folgende Erkennungskriterien festzulegen:

- Geschlossene Beine
- Leicht gespreizte Beine

Wir wiesen die den Fußgänger darstellende Person an, in beliebiger Folge die Beine entweder geschlossen zu halten, oder so zu spreizen, daß zwischen den Knöcheln etwa 15 cm Abstand war. Äußerte sich der Beobachter im Verlauf des Heranfahrens mit "geschlossen" oder "gespreizt", so wurde, wenn dies der Beinhaltung entsprach, von einem Beifahrer von Meßtäfelchen am rechten Straßenrand der Erkennungsabstand abgelesen. Die Meßtäfelchen waren so angebracht, daß der Beobachter sie während der Fahrt nicht lesen konnte, weil die Schriftseite nahezu in Fahrtrichtung gedreht war.

Mit diesem Merkmal der Beinhaltung ließen sich, wie in Vorversuchen festgestellt wurde, ausreichend reproduzierbare Ergebnisse ermitteln.

7. Beschreibung des Versuchsablaufs

7.1. Vorversuche

7.1.1. Vorversuche ohne Blendung

Um zu erfahren, wie sich der Erkennungsabstand unter den gegebenen Versuchsbedingungen ohne Blendung verhält, wurden Messungen ohne Blendung nach der in Kapitel 6.2. angegebenen Weise vorgenommen: Es wurde jeweils bei trockener und nasser Fahrbahn gemessen.

Der Fußgänger trug dabei, wie auch während aller folgender Versuche

zwei Kleidungsarten verschiedener Helligkeit:

- Weiße Jacke und Hose, Reflexionsgrad ca. 8o%
- Dunkelgrüne Jacke und Hose, Reflexionsgrad ca. 5%

(Die Reflexionsgrade der Kleidung wurden nach einem von RUMAR (1967) angegebenen Schema geschätzt).

Das Beobachterfahrzeug fuhr mit konventionellem Abblendlicht (BILUX-Lampen). Als Beobachter fungierten zwei Personen, die in jeder Situation jeweils 1o Messungen durchführten. Die Zahl der Versuche pro Standortkonstellation gliederte sich folgendermaßen auf:

1. 4o Versuchsfahrten bei trockener Fahrbahn:
   a) davon 2o Versuchsfahrten durch Beob. A:
      - 1o VF bei hellgekleidetem Fußg.
      - 1o VF bei dunkelgekleidetem Fußg.
   b) sowie 2o Versuchsfahrten durch Beob. B:
      - 1o VF bei hellgekleidetem Fußg.
      - 1o VF bei dunkelgekleidetem Fußg.

2. 4o Versuchsfahrten bei nasser Fahrbahn:
   a) davon 2o Versuchsfahrten durch Beob. A:
      - 1o VF bei hellgekleidetem Fußg.
      - 1o VF bei dunkelgekleidetem Fußg.
   b) sowie 2o Versuchsfahrten durch Beob. B:
      - 1o VF bei hellgekleidetem Fußg.
      - 1o VF bei dunkelgekleidetem Fußg.

7.1.2. Vorversuche mit Blendung

7.1.2.1. Bestimmung der Hornhautbeleuchtungsstärke des Beobachters bei Blendung durch Abblendlicht und Fernlicht.

Es wurde in einem Abstand von 15o m vor dem Blendfahrzeug beginnend jeweils alle 5 m gemessen. Während der letzten 1o m

auch alle 2.5 m. Auch diese Versuche wurden bei trockener und nasser Fahrbahn durchgeführt. Es wurde ein geeichtes Luxmeter verwendet.

Weiterhin wurden die bereits in Kapitel 6.2. erwähnten Versuche zur Bestimmung der Erkennungskriterien des Fußgängers und zur Erforschung der für den Beobachter maßgeblichen Kriterien des Umfelds bei trockener und nasser Straße vorgenommen.

7.2. Messung des Erkennungsabstandes bei Fahrversuchen unter Blendung.

7.2.1. Allgemeines

Die Versuche wurden unter sogenannten "semidynamischen Bedingungen" vorgenommen (RUMAR 1968), was in unserem Falle folgendes bedeutete:

- mobiles Versuchsfahrzeug
- stationäres Sehobjekt

Dieses Verfahren wurde gewählt, weil es uns als das natürlichste erschien und auch relativ leicht durchführbar war. Die Möglichkeit, bei stationärem Blendfahrzeug und Beobachterfahrzeug, den Fußgänger zu bewegen, ihn sozusagen "ins Bild gehen zu lassen", erschien uns aus zwei Gründen nicht sinnvoll: 1. weil ein Kraftfahrer ein Hindernis schließlich fahrenderweise erkennen muß und man annehmen kann, daß das Fahrzeuglenken Einfluß auf die Aufmerksamkeit hat und 2. weil sich dabei das Umfeld des Sehobjektes aus der Sicht des Kraftfahrers ständig ändert.

Um den Bewegungen des Blendfahrzeuges und des Fußgängers Rechnung zu tragen und somit den Versuchen einen dynamischen Aussagewert zu geben, wurde die Position von Fußgänger und Blendfahrzeug sukzessive verändert. Dies geschah, indem wir den Fußgänger (vom Beobachter aus betrachtet) auf mehrere Standorte hinter dem Blendfahrzeug - im Bereich des sogenannten "Schwarzen Lochs" - sowie neben und vor das Blendfahrzeug stellten

und jedensmal Erkennungsabstände bestimmten.

7.2.2. Beschreibung der verschiedenen Blendsituationen

Es wurde bei folgenden Standortkonstellationen zwischen Fußgänger und Blendfahrzeug gemessen (aus der Sicht des Beobachters):

Fußgängerstandort 45 m
35 m
3o m
25 m
15 m
1o m
5 m hinter dem Blendfahrzeug

Fußgängerstandort in Höhe der Scheinwerfer des Blendfahrzeugs.

Fußgängerstandort 5 m
1o m
15 m
2o m
25 m
3o m
4o m vor dem Blendfahrzeug

Abb. 2 a) und b) zeigt eine Versuchssituation, wobei der Fußgänger vor dem Blendfahrzeug, also im sogenannten Silhouettenbereich steht.

Bei jeder der 16 Standortkonstellationen wurden insgesamt 24o Versuchsfahrten durchgeführt. Von jedem Beobachter A oder B wurden Blocks von

5 Versuchsfahrten

hintereinander durchgeführt. Es wurde also in jeder möglichen

Kombination von jedem Beobachter 5 - mal Erkennungsabstände bestimmt bei folgenden Bedingungen:

- Hell- und dunkelgekleideter Fußgänger
- Blendung durch konventionelle und Halogen-Scheinwerfer
- Blendung durch Abblend- und Fernlicht
- Trockene und nasse Fahrbahnen

(Die Untersuchungen bei Halogenlicht-Blendung dienten auch einer weiteren, hier nicht diskutierten Arbeit über Unterschiede des Erkennungsabstands bei Blendung durch konventionelles und Halogenlicht, die durch einen Team-Kollegen durchgeführt wurde. Der dritte Untersucher führte zusätzliche Untersuchungen über den Einfluß des Reflexionsgrades der Fußgängerkleidung auf den Erkennungsabstand durch und benötigte dazu zusätzlich einen

- graugekleideten Fußgänger)

Rechnet man die Vorversuche und verschiedene Wiederholungen ein, so kommt man auf eine Gesamtzahl von etwa 2800 Messungen des Erkennungsabstandes durch langsames Heranfahren des Beobachters an den Fußgänger.

Plan 1 zeigt die Verteilung der einzelnen Versuchsfahrten-Blocke am Beispiel einer Standort-Konstellation zwischen Fußgänger und Blendfahrzeug.

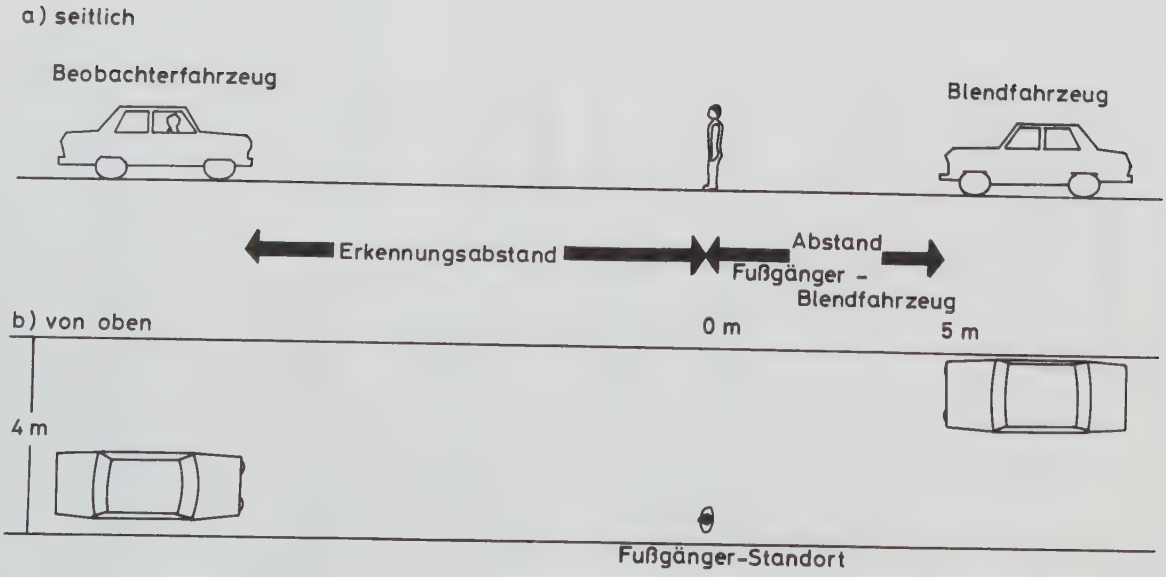
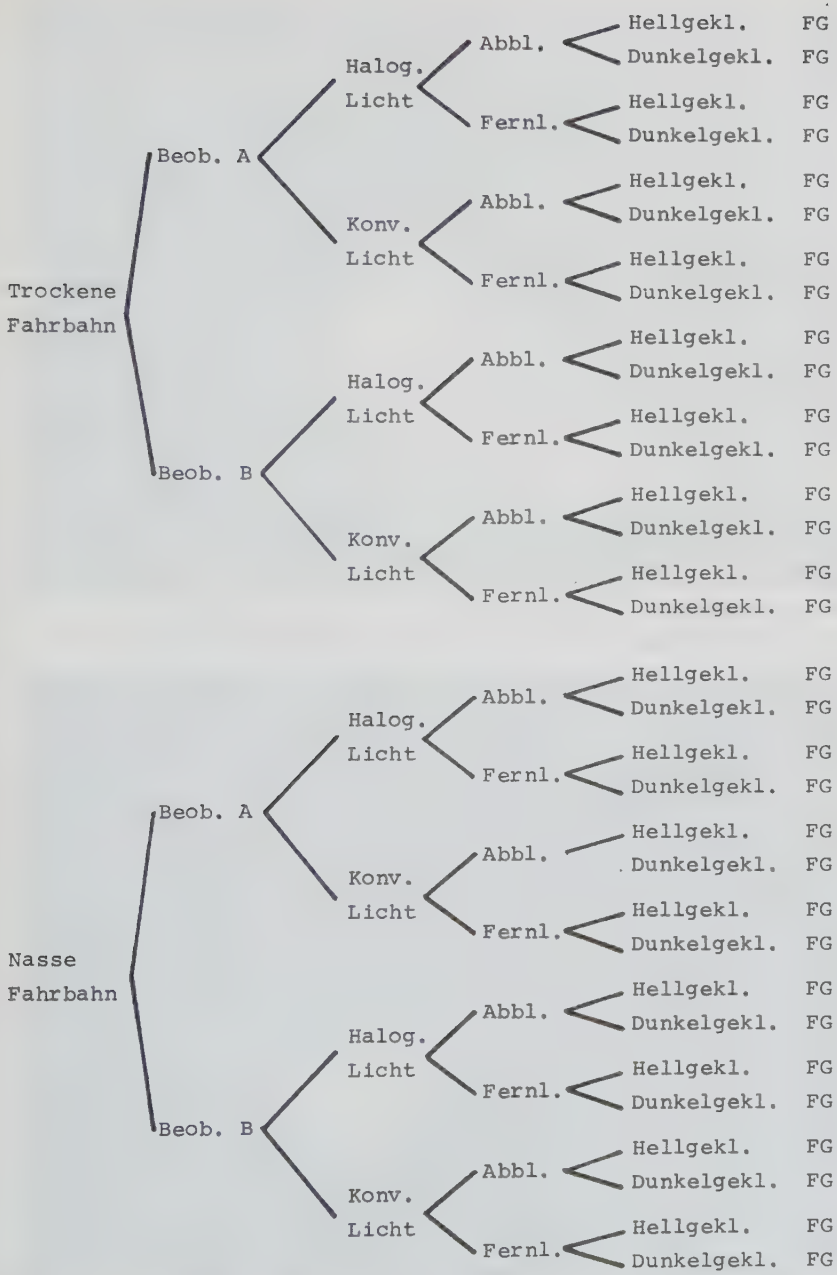


Abb.: 2 Darstellung einer Versuchssituation



Plan 1 : Der Plan zeigt die Verteilung der Versuchsfahrten für jede Standort-Konstellation.

C) DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

1. Das Gesichtsfeld des Kraftfahrers

1.1. Das Gesichtsfeld des Kraftfahrers bei Begegnung mit einem anderen Fahrzeug auf nächtlicher Straße.

Der Darstellung der Ergebnisse vorangestellt seien zwei Photographien, die das Gesichtsfeld eines Pkw-Fahrers in einer Begegnungssituation darstellen. Natürlich sind die Lichtbrechungs- und die Überstrahlungsverhältnisse in der Kamera nicht gleich denen im Augapfel. Dies möge man beim Betrachten der Photographien berücksichtigen.

Abb. 3 zeigt die Verhältnisse bei trockener Straße und Blendung durch Abblendlicht. Die zwischen den beiden Fahrzeugen liegende Fahrbahn und die Fahrbahnränder sind, wenn auch nicht überall gleich stark, so doch, die gesetzten technischen Grenzen berücksichtigend, befriedigend ausgeleuchtet. Das, vom Beobachter aus gesehen, rechts der Blendscheinwerfer gelegene Ende des beleuchteten Teils der Fahrbahn mit dem darüber liegenden dunklen Umfeld wird auch "schwarzes Loch" genannt.

Abb. 4 wurde bei nasser Fahrbahn und Blendung durch Abblendlicht aufgenommen. Die Fahrbahn ist nicht mehr ausreichend ausgeleuchtet. Charakteristisch für die nasse Fahrbahn sind die hellen Reflexbänder auf der spiegelnden Straßenoberfläche. Der Fahrbahnrand stellt sich verglichen mit trockenen Verhältnissen, unverändert dar, da die Reflexionseigenschaften des Grasstreifens sich bei Nässe nur unwesentlich ändern. Das Photo zeigt auf der Windschutzscheibe zwischen zwei Scheibenwischerschlägen aufgefallene Regentropfen als helle lichtstreuende Partikel. Dem Fahrer wird dieser Störeffekt nicht in diesem Maße bewußt, weil seine Augen sich in ihren optischen Eigenschaften von der Kamera unterscheiden.

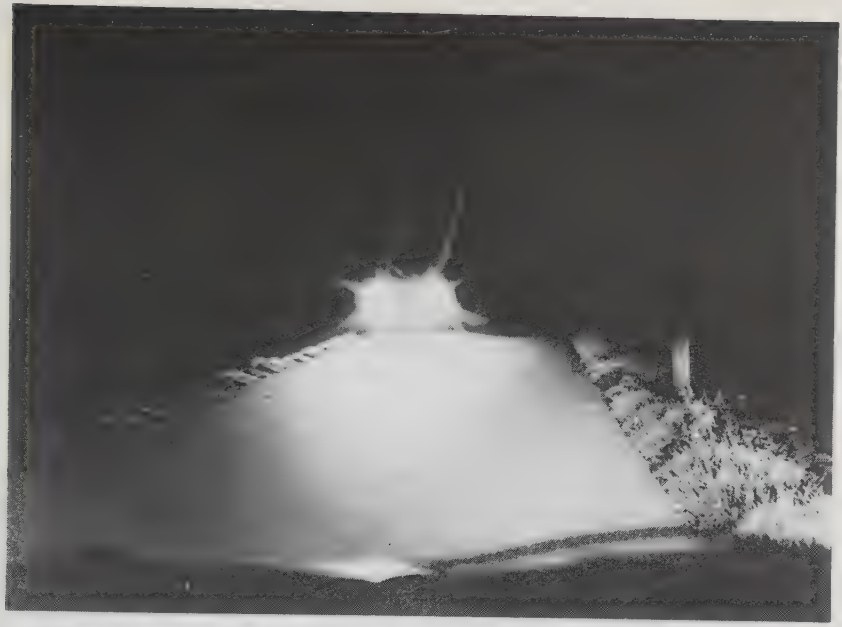


Abb. 3 Blendung durch Abblendlicht bei trockener Fahrbahn

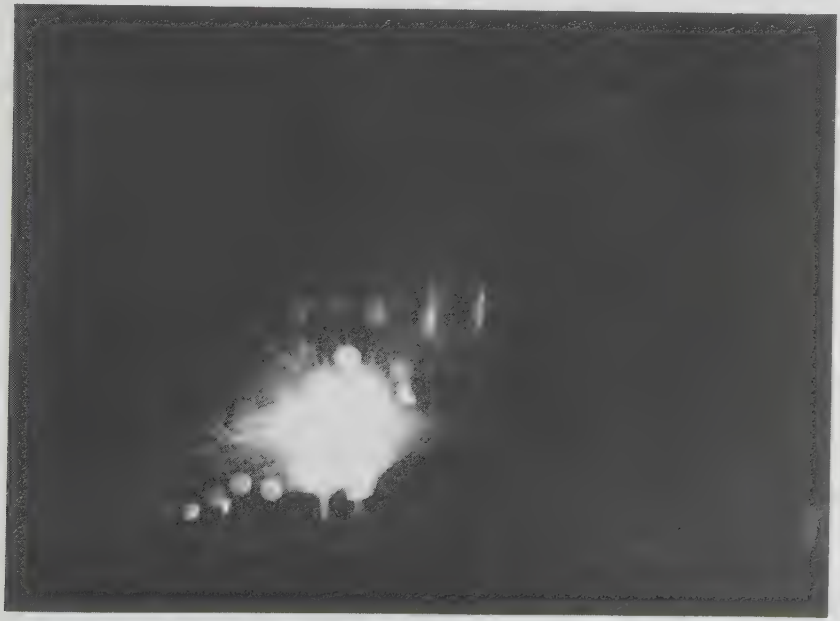


Abb. 4 Blendung durch Abblendlicht bei nasser Fahrbahn

1.2. Beschreibung der lichttechnischen Eigenschaften von Fahrbahndecken und deren Veränderungen bei Nässe

Die Oberfläche der heute im Straßenbau verwendeten bituminösen Fahrbahndecken ist nicht glatt, sondern, wie die nähere Betrachtung zeigt, höckerig. Diese Beschaffenheit bekommt sie durch ihre Zusammensetzung aus einem bituminösen Bindemittel und Mineralstoffen verschiedener Korngröße. Von dieser Oberflächenstruktur leiten sich die Reflexionseigenschaften der Fahrbahn für auftreffendes Licht ab.

Zur Beschreibung der Reflexionseigenschaften eignet sich ein Modell. In der Modellvorstellung wird die höckerige Fahrbahnoberfläche durch eine Vielzahl verschieden orientierter Flächenelemente - sogenannter Facetten (KEBSCHULL) - ersetzt. Diese Facetten sind, wie Abb. 5 a schematisch zeigt, in alle Raumwinkel über der Fahrbahnebene ausgerichtet und streuen einfallendes Licht entsprechend diffus in alle Richtungen. Dadurch kommt die breit ausgeleuchtete, helle Fahrbahn in Abb. 3 und (schematisch) in Abb. 6 zustande: auch weit seitlich am Blickfeldrand auftreffende Lichtstrahlen werden von dem Anteil der zur Mitte und zum Betrachter ausgerichteten Facetten so reflektiert, daß sie ins Auge fallen.

Diese Reflexionseigenschaften werden vom Straßenbau noch verstärkt, indem in den Fahrbahnbelag aufhellende Beistoffe gemischt werden.

Bei Nässe werden die Reflexionsverhältnisse stark verändert. Die ursprünglich körnige Struktur der Fahrbahnoberfläche wird überflutet und von einem Flüssigkeitsfilm eingeebnet (Abb. 5 b).
Die zuvor in verschiedenste Richtungen geneigten Flächenelemente liegen nun annähernd eben und sind nur wenig gegen die Horizontale gekippt. Die Reflexionseigenschaften der Fahrbahn ähneln nun eher der eines Spiegels. Anstelle einer gleichmäßigen Ausleuchtung der Fahrbahn kommt es nun zu extremen Leuchtdichtunterschieden zwischen dunklen Fahrbahnteilen und verzerrten Abbildungen der Blendscheinwerfer mit sehr hoher Leuchtdichte. Auf ebenen Straßen sind dies

langgezogene, gerade auf den Betrachter zulaufende Reflexionsbänder auf der nassen Fahrbahndecke.

Das Zustandekommen dieser für nasse Fahrbahnen typischen Reflexionseffekte schildert schematisch Abb. 7. Das Auge des Betrachters erreichen nur im Bereich der Reflexionsbänder auf der Fahrbahn auftreffende Lichtstrahlen (A). Seitlich auftreffendes Licht (B_1 und B_2) wird nicht in das Auge umgelenkt, da die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins von entsprechend steil zur Fahrbahnmitte und zum Betrachter hin ausgerichteten Facetten durch den einebnenden Flüßigkeitsfilm sehr gering ist. Somit erscheinen Fahrbahnteile, die seitlich der Reflexbänder sind, nahezu dunkel.

Weiterhin führt noch die folgende physikalische Eigenschaft einer Wasserfläche zu den typischerweise langgezogenen und hellen Reflexbändern:

Der Reflexionskoeffizient von Wasser ist besonders groß, wenn Licht in flachem Winkel auf eine Wasserfläche auftrifft. Dies gilt für den Fahrbahnbereich zwischen den Blendscheinwerfern und dem Beobachterauge. Seitlich dieses Bereiches auftreffendes Licht fällt unter einem wesentlich größeren Winkel auf die Fahrbahn und wird deshalb erheblich schwächer ins Beobachterauge reflektiert.

Hinzu kommt noch die physiologische Eigenschaft des Auges, Kontraste zu verstärken. Dies führt dazu, daß der Helligkeitsunterschied zwischen den Reflexionsbändern und den seitlich gelegenen, dunkel erscheinenden Fahrbahnteilen vergrößert wird.

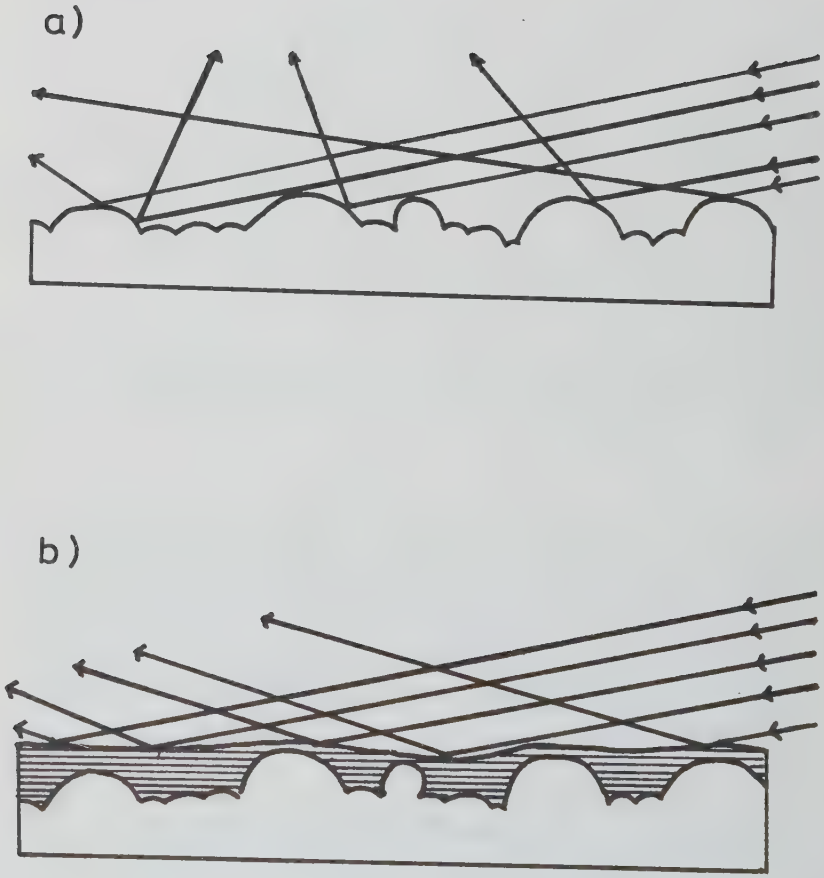


Abb.: 5 Schematische Darstellung der Reflexion von auf trockener und nasser Fahrbahn auftreffendem Licht.

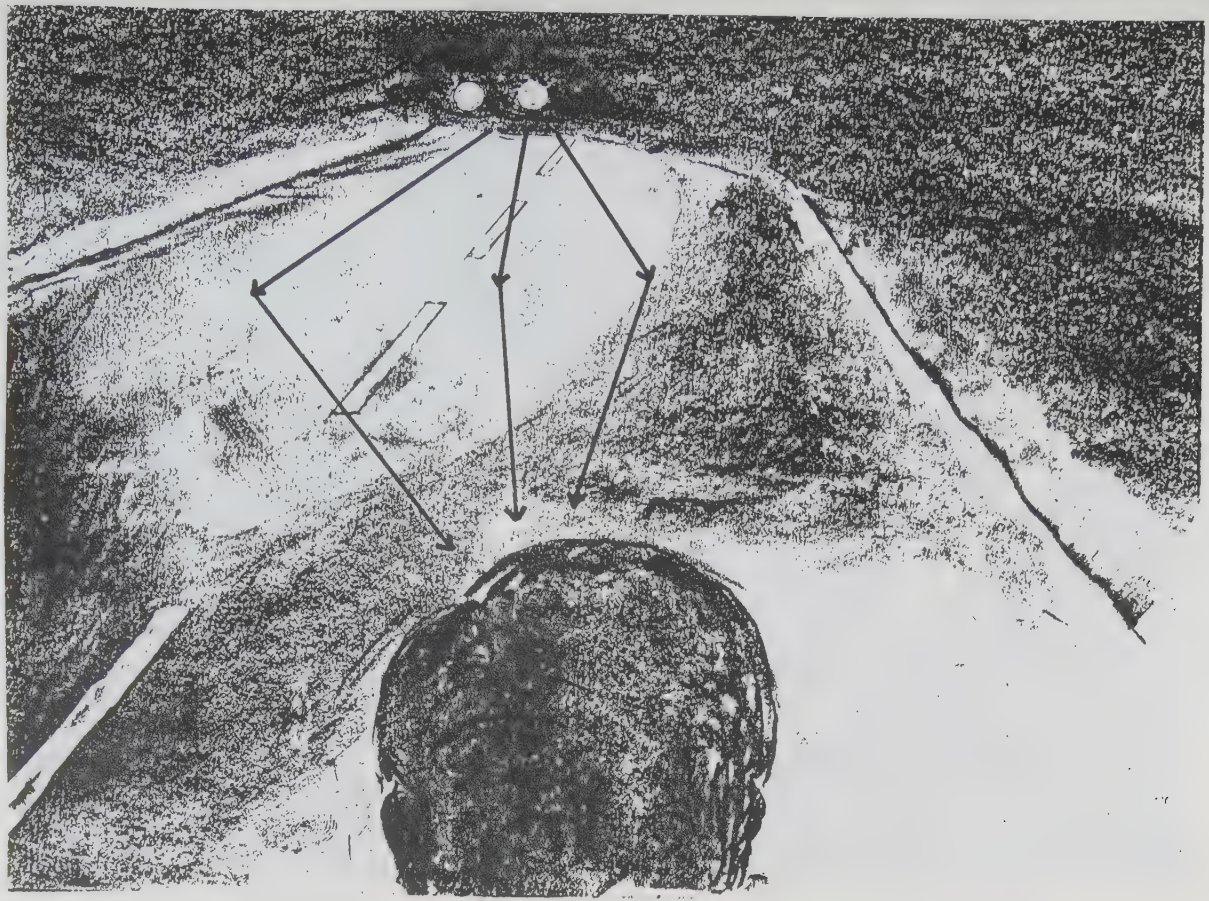
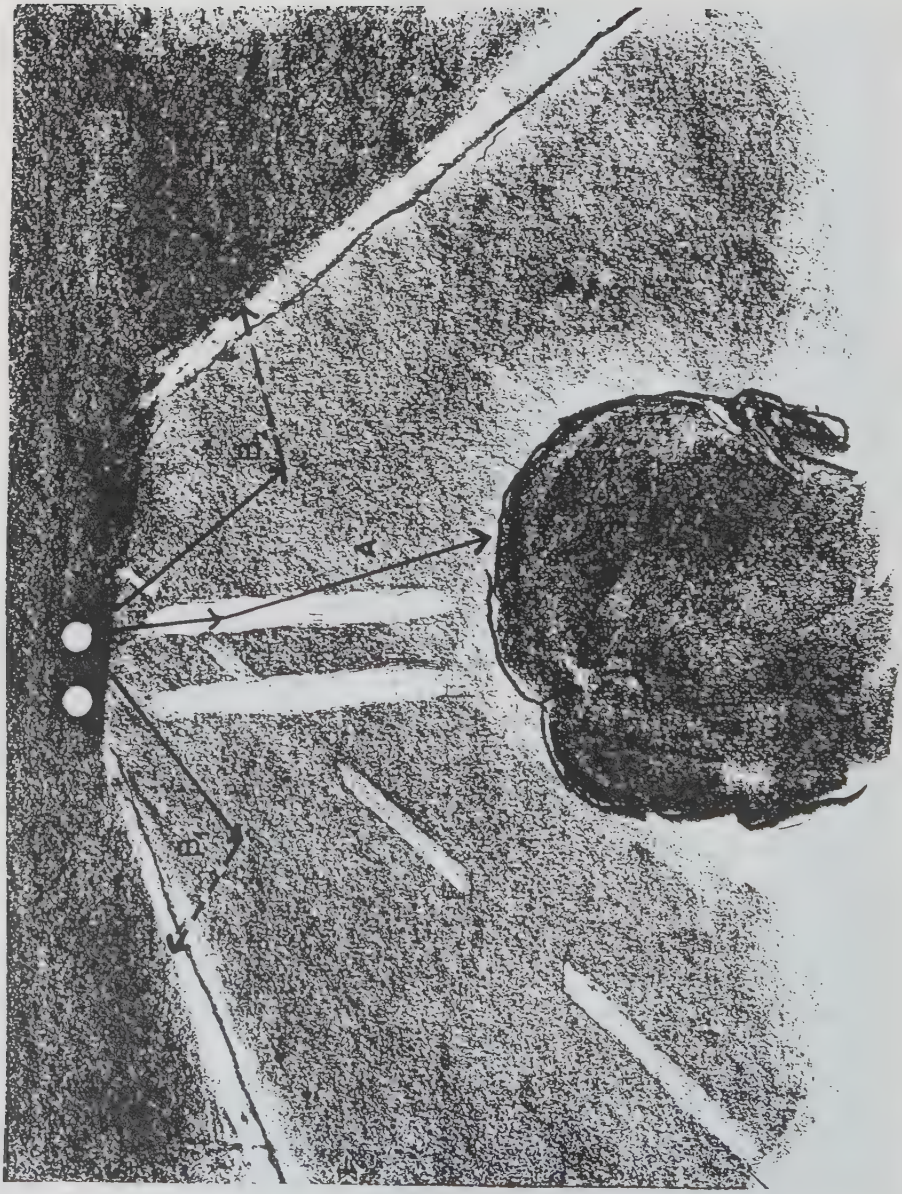


Abb.: 6 Fahrbahnausleuchtung bei trockener Straße.


m
x
m

2. Ergebnisse der Vorversuche ohne Blendung

Die Messung der Erkennungsabstände ohne Blendung wurden vorgenommen, um bei den gegebenen Versuchsbedingungen Basiswerte zu bekommen, mit denen dann die Ergebnisse der folgenden Blendversuche verglichen werden können.

Die Ergebnisse der Messungen wurden in Form von Tabellen und Schaubildern dargestellt. In den Schaubildern werden die Erkennungsabstände als Säulen mit oben an der Abszisse hängender Basis dargestellt. Die Ordinate, auf der der Erkennungsabstand abgelesen werden kann, entspricht der Versuchsstrecken-Einteilung in Metern. Sie beginnt im Punkt O in Höhe der Abszisse (die auf der Versuchsstrecke dem Standort des Fußgängers entspricht).

Für den Betrachter ist es durch diese etwas ungewöhnliche Darstellungsweise (vor allem bei den folgenden Blendungsversuchen) einfacher, sich in die Position des Beobachters im Versuchsfahrzeug zu denken, der von unten kommt und mit Erreichen des Erkennungsabstands (dem nach unten gerichteten Ende der Säule) anhält.

Auf diese Weise zeigt Abb. 8 die Mittelwerte und Variationsbreiten der Erkennungsabstände eines hell- und eines dunkelgekleideten Fußgängers bei trockener und nasser Fahrbahn. Der Beobachter hatte konventionelles Abblendlicht eingeschaltet. Die für die Abbildungen verwendeten Ergebnisse sind von Beobachter A. Die Ergebnisse in Tab. 1 und den folgenden Tabellen sind von Beobachter A und von Beobachter B.

Wir sehen, daß der hellgekleidete Fußgänger auf nasser Fahrbahn wesentlich früher erkannt wurde, als auf trockener Straße. Der Erkennungsabstand (EA) auf nasser Fahrbahn ist um etwa 3o% größer.

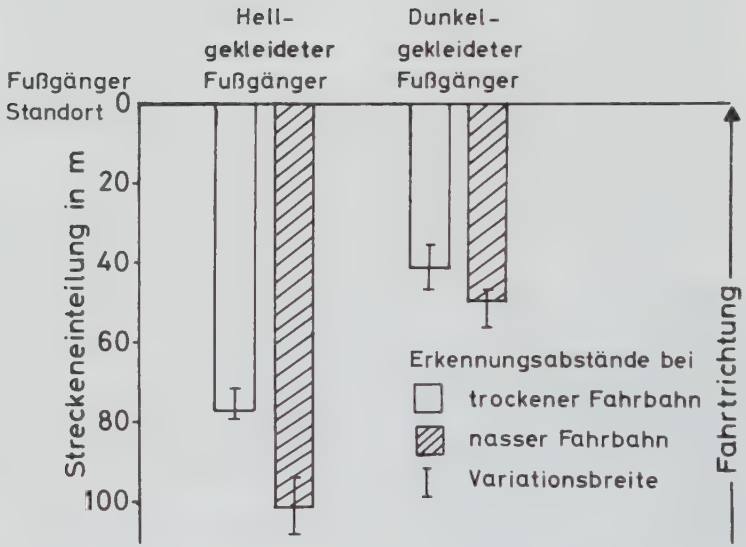


Abb.: 8 Erkennungsabstände für hell- und dunkelgekleidete Fußgänger ohne Blendung. Beob. A.

Tab.: 1 Erkennungsabstände ohne Blendung

Helligkeit der Fußgänger-kleidung	Erkennungsabstände bei trock. Fahrb.		nasser Fahrb.		Variationsbreite bei trockener Fahrbahn		nasser Fahrbahn	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Hell	77	76	1o1	1o1	72-79	72-78	94-1o8	95-1o7
Dunkel	42	44	5o	51	36-47	38-47	47- 56	48- 55

Beim dunkelgekleideten Fußgänger finden sich ähnliche Verhältnisse: hier ist der EA auf nasser Fahrbahn um etwa 2o% größer.
Die EAs beim dunkelgekleideten sind im Vergleich zum hellgekleideten Fußgänger bei trockener und nasser Fahrbahn gemessen um etwa 5o% kürzer.

3. Ergebnisse der Messung der Hornhautbeleuchtungsstärke bei Begegnung mit einem entgegenkommenden Fahrzeug.

Wie eingangs erwähnt, verstärkt sich die Sehherabsetzung durch Blendung mit der Zunahme der Beleuchtungsstärke. Deshalb wurden die Hornhautbeleuchtungsstärken des Beobachters gemessen, während Fahrzeuge mit auf- und abgeblendeten Scheinwerfern sich näherten. Die Ergebnisse dieser Messungen sollten verwendet werden, um die Änderung der Erkennungsabstände bei deren Bestimmung unter Blendung erklären zu helfen.

In allen Abbildungen wurde jener Bereich der Strecke hervorgehoben, in dem der Blendwinkel 2 - 3^{o} beträgt. Bei diesen Blendwinkeln ist nach anderen Autoren (de BOEUR, STAGGE, NOLTE) die Sehherabsetzung durch Blendung am stärksten. Dieser Bereich liegt bei unseren Versuchen, wie sich zeigen wird, vor dem Bereich der größten Hornhautbeleuchtungsstärken.

3.1. Hornhautbeleuchtungsstärken bei Blendung durch Abblendlicht.

3.1.1. Das Resultat für Blendung durch konventionelles Abblendlicht zeigt Abb. 9. Die Werte für die Beleuchtungsstärken bei trockener Fahrbahn steigen, etwa beim Fahrzeugabstand 5o m beginnend, zunehmend an, erreichen bei 7,5 m ein Maximum und fallen dann schnell wieder ab.

Die Beleuchtungsstärken bei nasser Fahrbahn sind von Beginn an höher. Bereits bei 5o m Fahrzeugabstand ist sie doppelt so groß als der Wert für die trockene Fahrbahn, und sie steigt in noch stärkerem Maße an, bis zum Maximum bei etwa 13 m Fahrzeugabstand. Danach fällt sie ebenfalls rasch ab.

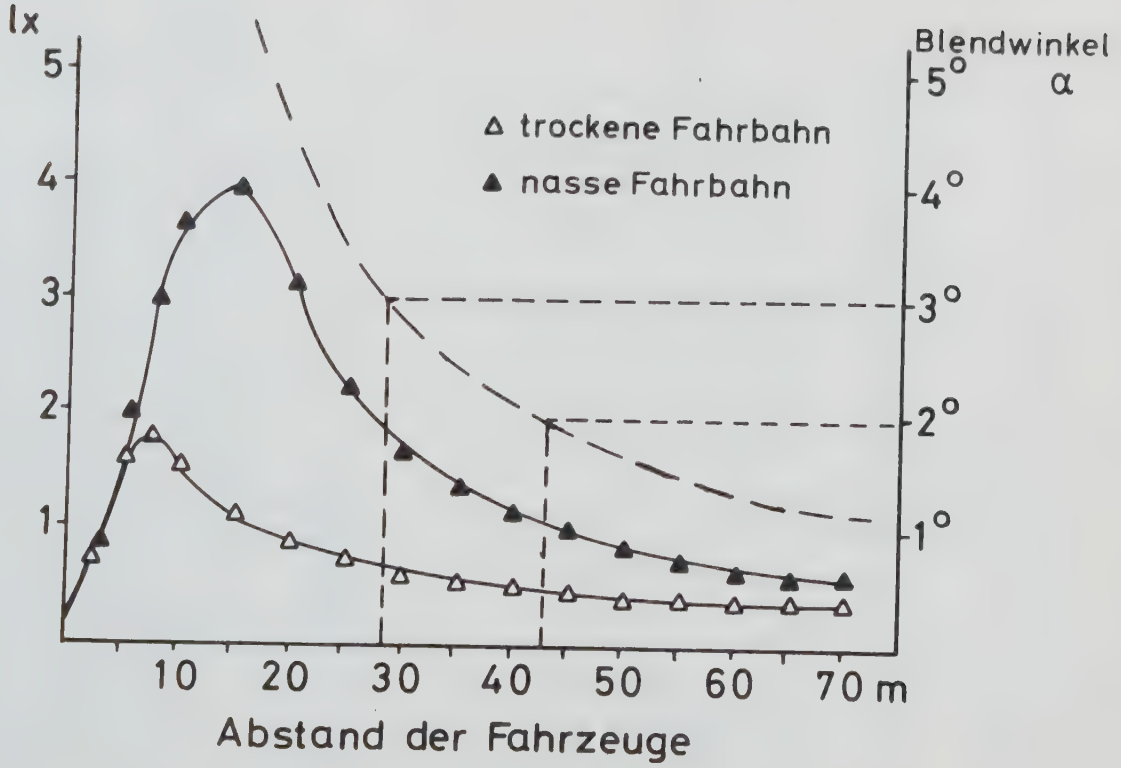


Abb.: 9 Hornhautbeleuchtungsstärke bei Blendung durch konvent. Abblendlicht. Zwischen 29 und 43 m Bereich stärkster Blendstörung.

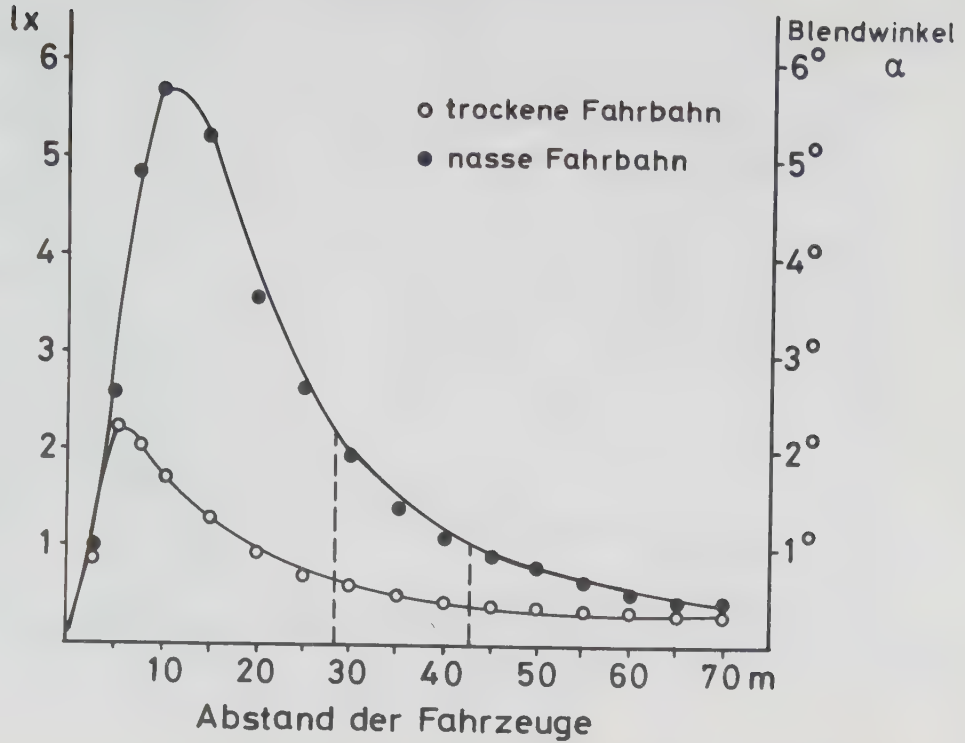


Abb.: 1o Hornhautbeleuchtungsstärke bei Blendung durch Halogen-Abblendlicht. Zwischen 29 und 43 m Bereich stärkster Blendstörung.

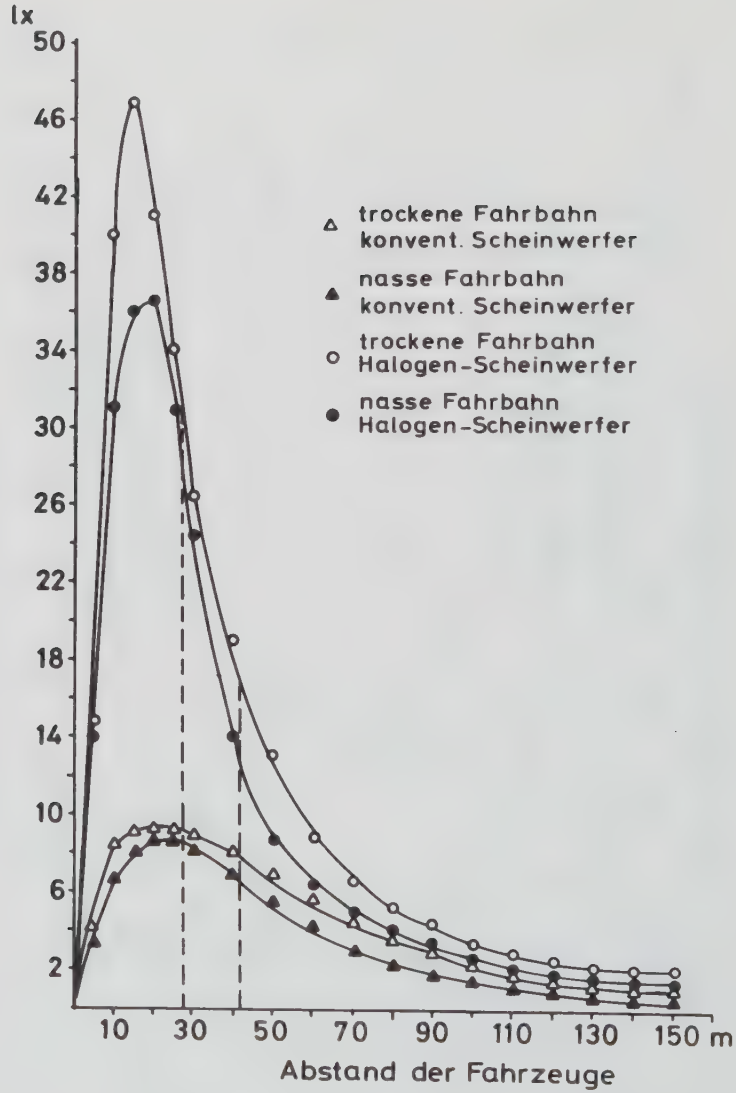


Abb.: 11 Hornhautbeleuchtungsstärke bei Blendung durch Fernlicht.

3.1.2. Der Kurvenverlauf bei Blendung durch Halogen-Abblendlicht ist ähnlich (Abb. 1o). Die Maxima der Beleuchtungsstärken sind jedoch höher und liegen näher am Blendfahrzeug: bei trockener Fahrbahn in etwa 6 m, bei nasser Fahrbahn in etwa 11 m Abstand vom Blendfahrzeug.

3.2. Hornhautbeleuchtungsstärken bei Blendung durch Fernlicht

Abb. 11 zeigt den Verlauf der Beleuchtungsstärken bei Fernlichtblendung. (Aus zeichnerischen Gründen wurde ein kleinerer Maßstab verwendet.)

Auf den ersten Blick fällt der enorme Unterschied zwischen konventionellem und Halogen-Fernlicht auf.

3.2.1. Das bei den Versuchen verwendete konventionelle Fernlicht zeigt bei den Messungen auf trockener und nasser Fahrbahn einen nur wenig unterschiedlichen Kurvenverlauf. Es findet sich bei trockener Fahrbahn ein etwas früher beginnender Anstieg der Werte und ein breiterer, geringfügig höherer und näher am Fahrzeug liegender Gipfel als bei der Kurve für die nasse Fahrbahn.

3.2.2. Bei Blendung durch Halogen-Fernlicht, sieht man, vom Kurvenverlauf her gesehen, ähnliche Verhältnisse. Man erkennt jedoch, daß das Halogen-Fernlicht im Bereich zwischen 5 und 5o m eine sehr viel höhere Hornhautbeleuchtungsstärke am Auge verursacht, als konventionelles Fernlicht. Es fällt weiterhin auf, daß der Maximalwert bei nasser Fahrbahn mit 36,5 lx deutlich unter dem vergleichbaren Wert für die trockene Fahrbahn, - 47 lx -, liegt.

4. Ergebnisse der Versuche bei Blendung

4.1. Vorbemerkungen

Für die Darstellung wurden die Ergebnisse der Versuche mit Blendung in verschiedene Teile gegliedert. Die Aufteilung wurde nach verschiedenen Versuchsbdingungen vorgenommen.

Zunächst wurde unterschieden zwischen

Versuchen bei Blendung durch Abblendlicht und
Versuchen bei Blendung durch Fernlicht.

Die Ergebnisse die sich bei Blendung durch Abblendlicht ergaben, wurden in zwei Gruppen dargestellt, nämlich

1. Ergebnisse für die Fußgängerstandorte hinter dem Blendfahrzeug - im sogenannten "Schwarzen Loch".

In diese erste Gruppe gehören auch die Ergebnisse für den Fußgänger-Standort in Höhe der Scheinwerfer (= Standort O). Die Standorte wurden durch ihre Entfernung vom Blendfahrzeug und durch ihre Lage hinter dem Blendfahrzeug mit den Meterangaben O, -5, -1o, -15, -2o, -25, -3o, -35 und -45 bezeichnet.

2. Ergebnisse für die Fußgängerstandorte vor dem Blendfahrzeug - im sogenannten "Silhouetten-Bereich".

Diese Standorte wurden mit den Meterangaben +5, +1o, +15, +2o, +25, +3o und +4o bezeichnet.

Die Unterteilung in diese zwei Gruppen ergab sich durch die Unterschiedlichkeit des Fußgänger-Umfelds, die Art des Kontrastes und schließlich durch die Ergebnisse.

In beiden Gruppen wurden hauptsächlich Vergleiche angestellt zwischen Ergebnissen bei trockenen und nassen Fahrbahnen unter den Kriterien

a) hell- und dunkelgekleidetem Fußgänger
b) Blendung durch konv. und Halogen-Abbl.

Es bestand keine Notwendigkeit, die Resultate der Versuche mit Blendung durch Fernlicht nach Standorten "vor" oder "hinter dem Blendfahrzeug" aufzuteilen.

So wurden die Ergebnisse von allen Fußgänger-Standorten - 45 bis + 4o bei

a) hellgekleidetem Fuß. und Blendung durch
   1. konventionellen Fernlicht, sowie
   2. Halogen-Fernlicht, und

b) dunkelgekleidetem Fuß. und Blendung durch
   1. konventionelles Fernlicht, sowie
   2. Halogen-Fernlicht

dargestellt.

Die Ergebnisse der Versuche wurden zahlenmäßig in Tabellen und zeichnerisch in Abbildungen dargestellt.

Die Tabellen liefern die Zahlen von Beobachter A und Beobachter B. Es handelt sich um auf- und abgerundete Meter-Angaben.

Die Zeichnungen sind nach der schon in Kapitel 2 geschilderten Weise zu verstehen:

Der Betrachter hat die Sicht des Beobachters im Versuchsfahrzeug, der vom unteren Bildrand herkommend sich dem in Höhe der Abszisse (im Streckenpunkt O) stehenden Fußgänger nähert und mit Erreichen des nach unten zeigenden Säulenendes - dem Erkennungsabstand - anhält.

Die Säulen, deren Höhe den EA für die jeweilige Blendsituation anzeigt (Mittelwert von fünf Versuchen der Versuchsperson A) sind paarweise angeordnet:

Jedes Paar steht für eine Blendsituation, wobei die helle Säule den EA bei trockener Fahrbahn und die dunkle Säule den EA bei nasser Fahrbahn anzeigt. Die anderen Säulenpaare zeigen die Erkennungsabstände für andere Fußgänger-Standorte.

Da die Erkennungsabstände jeder dieser Fußgängerstandorte miteinander verglichen werden sollten und der EA immer vom Fußgänger ausgehend gemessen wird, wurde der Fußgängerstandort konstant auf den Streckenpunkt O - auf die Abszisse - gelegt,

während sich der Standort des Blendfahrzeugs entsprechend der veränderten Blendsituation bei jedem Säulenpaar ändert. An jedem Säulenpaar wurde der Standort des Blendfahrzeugs als Symbol eingezeichnet. Der Standort des Fußgängers, bezogen auf das Blendfahrzeug, wurde über der Abszisse als Zahl angebracht.

Auf jeder Zeichnung sind die Ergebnisse bei allen Standort-Konstellationen für trockene und nasse Fahrbahnen abzulesen. Folgende Zeichnungen mit verschiedenen Untersuchungskriterien wurden angefertigt.

1. Hellgekleideter Fußg., Blendung durch konv. Abblendl.
2. Hellgekleideter Fußg., Blendung durch Halogen-Abbl.
3. Dunkelgekleideter Fußg., Blendung durch konv. Abbl.
4. Dunkelgekleideter Fußg., Blendung durch Halog.-Abbl.
5. Hellgekleideter Fußg., Blendung durch konv. Fernlicht
6. Hellgekleideter Fußg., Blendung durch Halogen-Fernl.
7. Dunkelgekleideter Fu3g., Blendung durch konv. Fernlicht
8. Dunkelgekleideter Fußg., Blendung durch Halog.-Fernlicht

4.2. Darstellung der Ergebnisse bei Blendung durch Abblendlicht

4.2.1. Ergebnisse für die Standorte des Fußgängers hinter dem Blendfahrzeug - im sog. "Schwarzen Loch"

4.2.1.1. Ergebnisse für einen hellgekleideten Fußgänger und Blendung durch konventionelles und Halogen-Abblendlich

Wie Tabelle 2 und Abb. 12 zeigen, ergeben sich für nasse Fahrbahnverhältnisse Erkennungsabstände von etwa 6o m. Dieser Wert bleibt von Fußgänger-Standort O bis - 2o in etwa konstant. Danach werden etwas kürzere Abstände gefunden, die bei - 45 wieder ansteigen.

Bei trockener Fahrbahn bieten sich eher umgekehrte Verhältnisse. Während sich die Erkennungsabstände für einen weit hinter dem Blendfahrzeug stehenden hellen Fußgänger von den Werten bei trockener Fahrbahn kaum unterscheiden,

steigen diese, je näher der Fußgänger am Blendfahrzeug steht, bis auf Werte an, die bei den Versuchen ohne Blendung gemessen wurden.

Die Tendenz der Erkennungsabstände für den hellen Fußgänger bei Blendung durch Halogen-Abblendlicht ist die gleiche (Tab. 3 und Abb. 13). Auch hier ergeben sich eindeutige Unterschiede zwischen trockener und nasser Fahrbahn nur für die Fußgängerstandorte O bis - 1o. Die Blendung durch Halogen-Abblendlicht auf nasser Fahrbahn führt im Vergleich zu den Ergebnissen bei Blendung durch konventionelles Abblendlicht zu etwa 1o m kürzeren Erkennungsabständen.

4.2.1.2. Ergebnisse für einen dunkelgekleideten Fußgänger und Blendung durch konv. und Halogen-Abblendlicht

(Tabellen 4 und 5, Abb. 14 und 15) Die Erkennungsabstände für einen dunkelgekleideten Fußgänger auf trockener Fahrbahn sind nahezu für alle Fußgängerstandorte gleich groß. Sie liegen für beide Lichtqualitäten bei 35 m. Dagegen sind die Werte für die nasse Fahrbahn standortabhängig. Während sich bei Blendung durch konv. Abblendlicht von den Standorten O bis - 2o keine deutlichen Unterschiede zu den trockenen Verhältnissen zeigen, steigen die Erkennungsabstände ab Standort - 25 bis zu Werten an, die bei den Vorversuchen ohne Blendung gemessen wurden.

Bei Blendung durch Halogen-Abblendlicht sind die Unterschiede zwischen trockener und nasser Fahrbahn noch größer. Der Anstieg der Erkennungsabstände für die nasse Fahrbahn beginnt mit einem sehr niedrigen Wert von 21 m bei Standort O. Bei den Standorten - 25 und - 3o erreichen sie die bei trockener Fahrbahn gemessenen Abstände und steigen dann stetig bis 46 m an.

4.2.2. Ergebnisse für die Standorte des Fußgängers vor dem Blendfahrzeug - im sog. "Silhouetten-Bereich".

Die Bezeichnung "Silhouetten-Bereich" leitet sich von der Tatsache ab, daß der Fußgänger in diesem Bereich hauptsächlich als dunkle Silhouette gegen ein helleres Umfeld gesehen wird.

Dies gilt vor allem für den zu seinem Erkennen wichtigen unteren Körperteil. Hintergründe sind, vom Beobachter aus gesehen, die Fahrbahn und der Fahrbahnrand.

Bei diesem, verglichen mit den Standorten im "Schwarzen Loch", unruhigen Umfeld fiel es allen Versuchspersonen schwer, eindeutige Abstände anzugeben. Die Variationsbreiten und die Unterschiedlichkeit der Ergebnisse beider Beobachter weisen darauf hin.

4.2.2.1. Ergebnisse für einen hellgekleideten Fußgänger und Blendung durch konv. und Halogen-Abblendlicht.

(Tabellen 6 und 7, Abb. 12 und 13) Die Ergebnisse an den einzelnen Fußgänger-Standorten sind teilweise recht unterschiedlich und zeigen sowohl auf trockener als auch auf nasser Fahrbahn keinen so auffälligen Verlauf, wie die im Bereich hinter dem Fahrzeug gemessenen Abstände. Auffallend ist jedoch, daß die Erkennungsabstände für die trockene Fahrbahn an den meisten Standorten größer sind als jene für einen gleich hell gekleideten Fußgänger ohne Blendung. Bei Blendung durch konv. Abblendlicht sind lediglich die Erkennungsabstände bei + 3o und + 4o kleiner, bei Halogen-Abblendlicht-Blendung sind sogar alle Erkennungsabstände größer.

Vergleicht man an den einzelnen Fußgänger-Standorten die Erkennungsabstände für trockene und nasse Fahrbahnen, so wird deutlich, daß von + 5 bis + 25 die Ergebnisse bei nasser Fahrbahn in jedem Falle niedriger sind: bei Blendung durch konv. Abblendlicht sind die Abstände um durchschnittlich 23%, bei Blendung durch Halogen-Abblendlicht um 24% kürzer.

Dagegen brachten die Versuchsfahrten für die Standorte + 3o und + 4o sowohl bei konv,, als auch bei Halogenlicht-Blendung höhere Ergebnisse auf nasser Fahrbahn.

4.2.2.2. Ergebnisse für einen dunkelgekleideten Fußgänger und Blendung durch konv. und Halogen-Abblendlicht.

(Tabellen 8 und 9, Abb. 14 und 15) Für die Versuche beim dunkelgekleideten Fußgänger gilt ähnliches wie beim hell-

gekleideten Fußgänger: Die Erkennungsabstände an den einzelnen Standorten - bei trockener und nasser Fahrbahn - sind meist größer, als jene der Versuche ohne Blendung. Lediglich die Abstände für die nasse Fahrbahn und konv. Abblendlicht im Bereich der Standorte + 5 und + 1o liegen etwas darunter.

Wiederum sind für die Standorte + 5 bis + 25 die Erkennungsabstände auf nasser Fahrbahn deutlich kleiner: Bei Blendung durch konv. Abblendlicht liegen die Werte um durchschnittlich 37%, bei Halogen-Abblendlich-Blendung um 26% unter den entsprechenden Werten bei trockener Fahrbahn.

Wie bei den Messungen mit dem hellgekleideten Fußgänger wird der dunkelgekleidete Fußgänger auf den Standorten + 3o und + 4o bei nasser Fahrbahn eher erkannt, als bei trockener Fahrbahn.

4.3. Darstellung der Ergebnisse bei Blendung durch Fernlicht

Die Blendung durch Fernlicht wurde erwartungsgemäß von den Versuchspersonen als sehr störend empfunden. Das verwendete Halogenlicht wurde als unangenehmer empfunden, als konventionelles Fernlicht.

Einen Überblick über die gemessenen Erkennungsabstände geben die Tabellen 1o, 11, 12 und 13, sowie die Abb. 16, 17, 18 und 19.

4.3.1. Ergebnisse für einen hellgekleideten Fußgänger und Blendung durch konv. und Halogen-Fernlicht

Betrachtet man auf Abb. 16 und 17 die Größe der einzelnen Erkennungsabstände für beide Fahrbahnverhältnisse, so bildet sich folgender Überblick:

Bei Blendung durch konv. Fernlicht und trockenen Fahrbahnverhältnissen finden sich die geringsten Erkennungsabstände für die Fußgänger-Standorte + 3o und + 4o. Je weiter der Fußgänger seinen Standort in Richtung Blendfahrzeug verändert, desto größer werden die Erkennungsabstände.

Ähnlich verlaufen die Abstände für die nasse Fahrbahn. Hier jedoch liegen die kürzesten Erkennungsabstände bei + 5 und + 1o und für die nachfolgenden, beobachterwärts gelegenen

Positionen ist ein Anstieg der Erkennungsabstände zu verzeichnen. Die Verbindungslinie der Säulenenden beschreibt einen etwas asymmetrischen Buckel.

Bei den unter Halogen-Fernlicht gemessenen Abständen (Abb. 17) zeigt sich diese Buckelform ausgeprägter und symmetrischer, d.h. auf den weit peripher zum Blendfahrzeug gelegenen Standorten kommt es zu einem stärkeren Anstieg der Erkennungsabstände für beide untersuchten Fahrbahnverhältnisse. Das breite Plateau des Buckels liegt bei den nahe dem Blendfahrzeug gelegenen Fußgänger-Standorten und kennzeichnet die kürzesten Erkennungsabstände.

Deutliche Unterschiede der Erkennungsabstände bei nasser und trockener Fahrbahn sind nicht für alle Fußgänger-Standorte nachzuweisen. Man sieht, daß für die Standorte, die peripher vom Blendfahrzeug liegen, zunehmend größere Abstände bei nasser Fahrbahn gemessen werden.

Dagegen werden bei Blendung durch konv. Fernlicht auf den Standorten + 5 bis + 25 und bei Halogenlicht-Blendung auf den Standorten + 1o bis + 3o deutlich größere Abstände auf trockener Fahrbahn gefunden.

4.3.2. Ergebnisse für einen dunkelgekleideten Fußgänger und Blendung durch konv. und Halogen-Fernlicht.

Vergleicht man diese Ergebnisse auf Abb. 18 und 19 mit den oben beschriebenen Ergebnissen für den hellgekleideten Fußgänger, so erkennt man vor allem die Ähnlichkeit der Kurven bei Blendung durch konv. und Halogen-Fernlicht.

Wieder ist der für Halogen-Fernlicht-Blendung typische Buckel mit annähernd symmetrischem Anstieg der Erkennungsabstände für die peripher gelegenen Standorte nachzuweisen.

Bei Blendung durch konv. Fernlicht steigen die Erkennungsabstände nur für die hinter dem Blendfahrzeug gelegenen Standorte an, während die Werte für die beobachterwärts gelegenen Positionen leicht abfallen (bei trockener Fahrbahn) oder nur zögernd ansteigen (bei nasser Fahrbahn).

Auf den peripher zum Blendfahrzeug gelegenen Fußgängerstandorten kommt es, wie bei den Versuchen mit dem hellgekleideten Fußgänger, zu einem stärkeren Anstieg der Erkennungsabstände für nasse Fahrbahndecken.

Erkennungsabstände für den dunkelgekleideten Fußgänger sind, vor allem auf den Standorten, wo er am schlechtesten erkannt wird, um bis zu 5o% kürzer, als jene für den hellgekleideten Fußgänger.

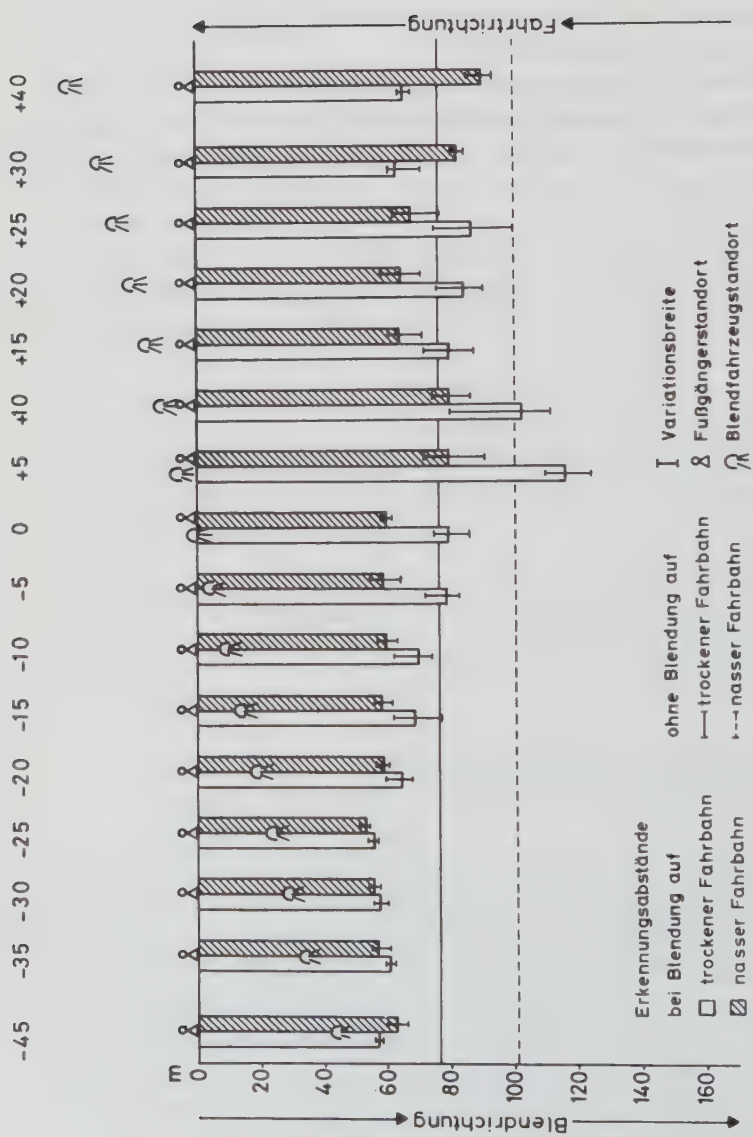


Abb.: 12 Vergleich der Erkennungsabstände bei trockener und nasser Fahrbahndecke. Ergebnisse von Beob. A bei hellgekleidetem Fußgänger und Blendung durch konvent. Abblendlicht. Die Zahlen -45 bis +40 bezeichnen den Standort des Fußgängers bezogen auf den Blendfahrzeugstandort = 0 m.

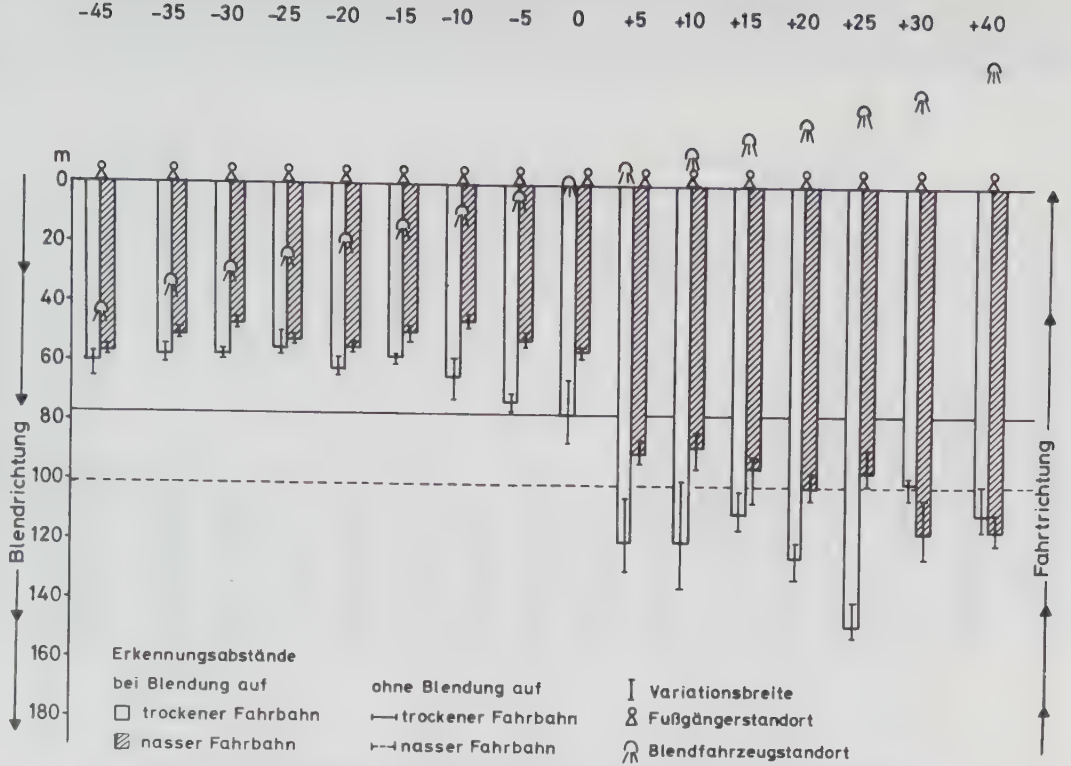


Abb.: 13 Vergleich der Erkennungsabstände bei trockener und nasser Fahrbahndecke. Ergebnisse von Beob. A bei hellgekleidetem Fußgänger und Blendung durch Halogen-Abblendlicht. Die Zahlen -45 bis +4o bezeichnen den Standort des Fußgängers bezogen auf den Blendfahrzeugstandort = o m.

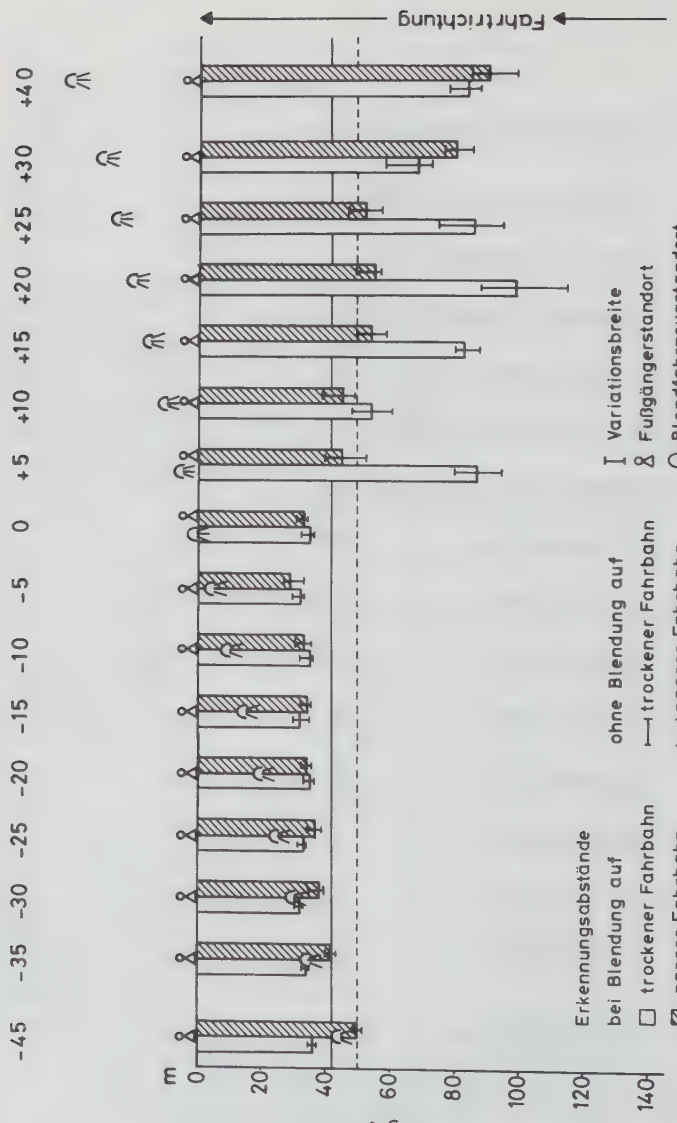


Abb.: 14 Vergleich der Erkennungsabstände bei trockener und nasser Fahrbahndecke. Ergebnisse von Beob. A bei dunkelgekleidetem Fußgänger und Blendung durch konvent. Abblendlicht. Die Zahlen -45 bis +4o bezeichnen den Standort des Fußgängers bezogen auf den Blendfahrzeugstandort = 0 m.

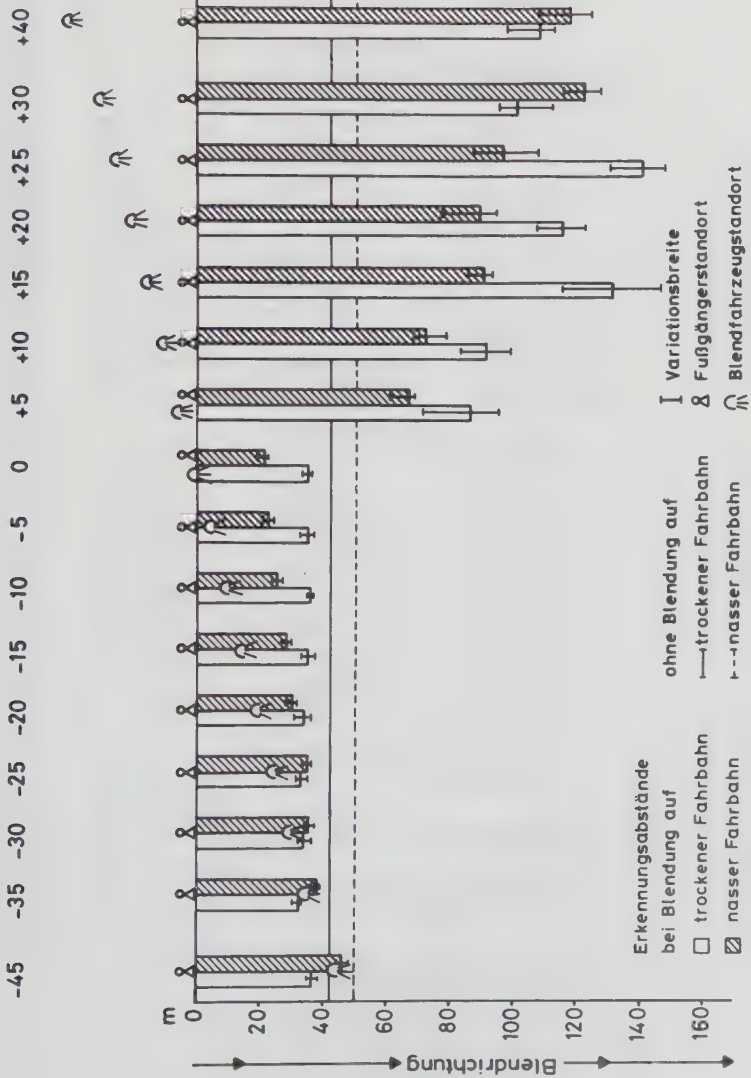


Abb.: 15 Vergleich der Erkennungsabstände bei trockener und nasser Fahrbahndecke. Ergebnisse von Beob. A bei dunkelgekleidetem Fußgänger und Blendung durch Halogen-Abblendlicht. Die Zahlen -45 bis +40 bezeichnen den Standort des Fußgängers bezogen auf den Blendfahrzeugstandort = 0 m.

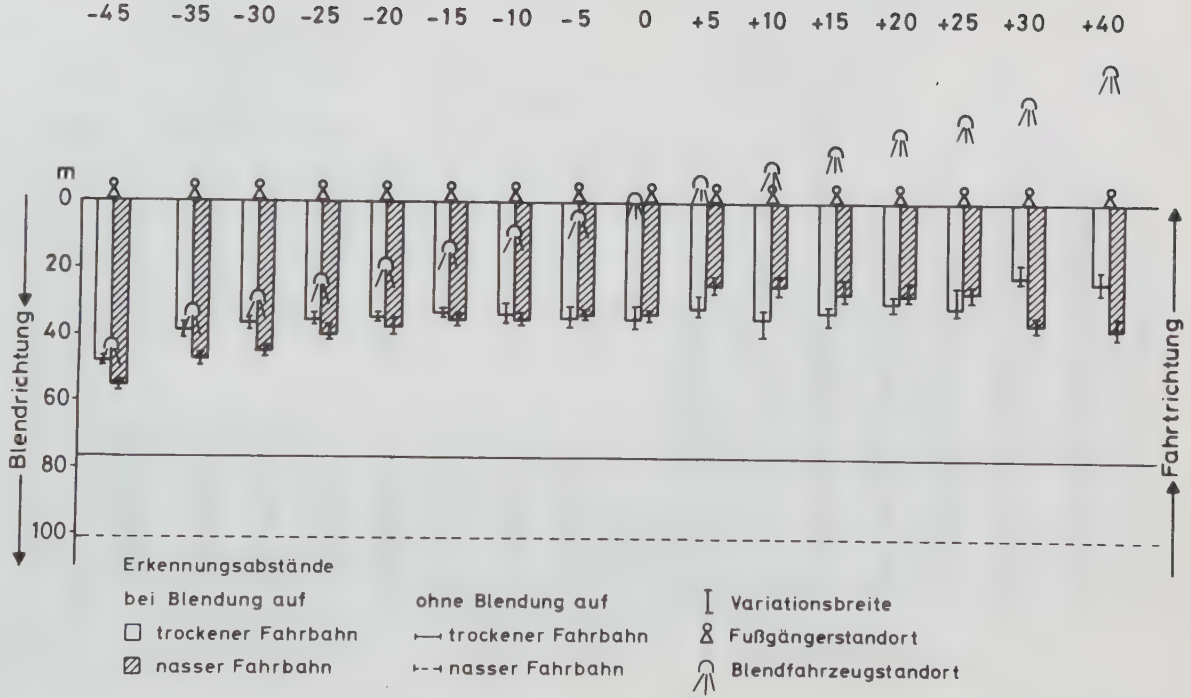


Abb.: 16 Vergleich der Erkennungsabstände bei trockener und nasser Fahrbahndecke. Ergebnisse von Beob. A bei hellgekleidetem Fußgänger und Blendung durch konvent. Fernlicht. Die Zahlen -45 bis +4o bezeichnen den Standort des Fußgängers bezogen auf den Blendfahrzeugstandort = O m.

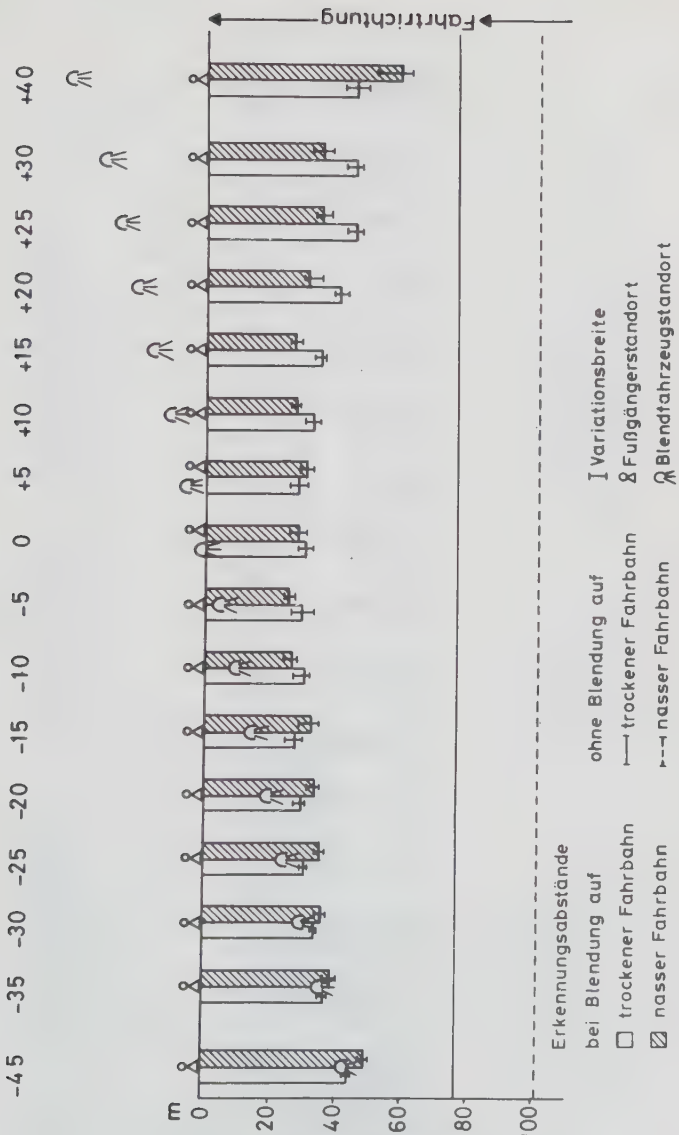


Abb.: 17 Vergleich der Erkennungsabstände bei trockener und nasser Fahrbahndecke. Ergebnisse von Beob. A bei hellgekleidetem Fußgänger und Blendung durch Halogen-Fernlicht. Die Zahlen -45 bis +4o bezeichnen den Standort des Fußgängers bezogen auf den Blendfahrzeugstandort = O m.

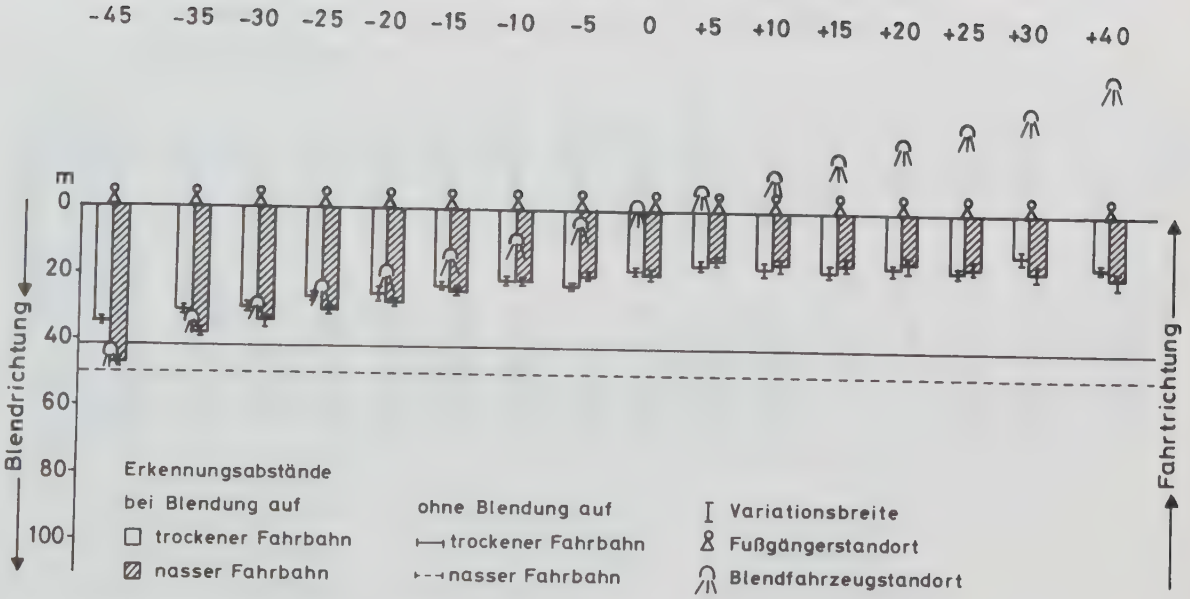


Abb.: 18 Vergleich der Erkennungsabstände bei trockener und nasser Fahrbahndecke. Ergebnisse von Beob. A bei dunkelgekleidetem Fußgänger und Blendung durch konvent. Fernlicht. Die Zahlen -45 bis +4o bezeichnen den Standort des Fußgängers bezogen auf den Blendfahrzeugstandort = O m.

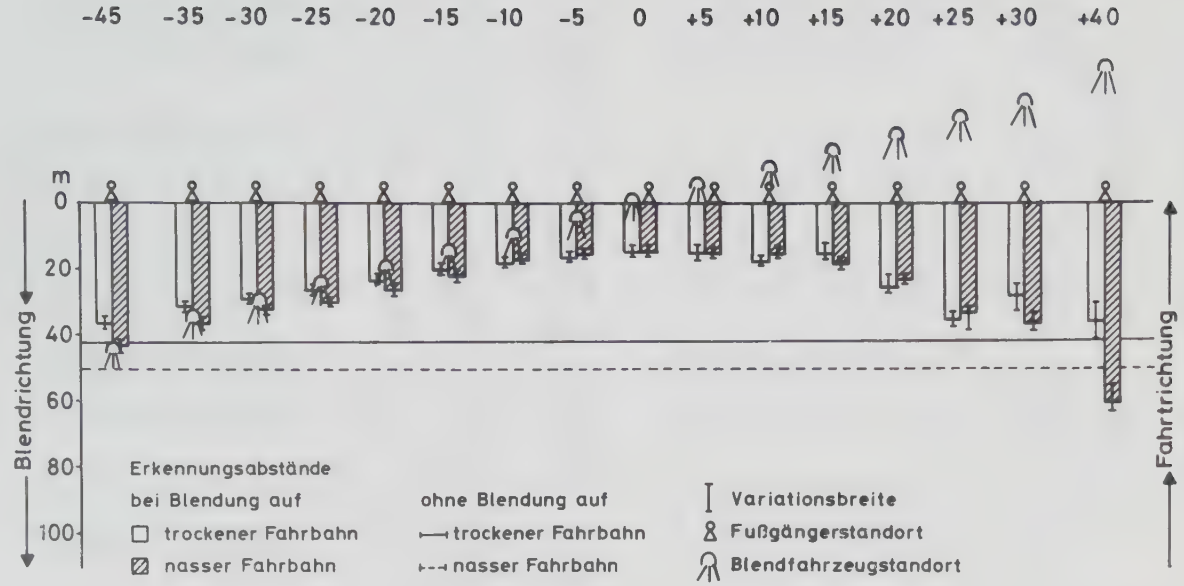


Abb.: 19 Vergleich der Erkennungsabstände bei trockener und nasser Fahrbahndecke. Ergebnisse von Beob. A bei dunkelgekleidetem Fußgänger und Blendung durch Halogen-Fernlicht. Die Zahlen -45 bis +4o bezeichnen den Standort des Fußgängers bezogen auf den Blendfahrzeugstandort = 0 m.

Tabelle 2: Ergebnisse im " Schwarzen Loch " bei hellgekleidetem Fußgänger und Blendung durch konvent. Abblendlicht

Fußg.-Stand-orte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
- 45	57	6o	63	66	56- 58	58- 62	6o- 66	62- 68
- 35	61	62	57	63	6o- 62	61- 64	57- 61	6o- 64
- 3o	58	57	56	58	56- 6o	54- 61	55- 57	57- 6o
- 25	56	59	53	57	56- 57	58- 63	51- 54	55- 58
- 2o	65	7o	59	62	6o- 68	66- 76	57- 61	58- 64
- 15	68	71	58	61	62- 77	64- 73	56- 61	58- 65
- 1o	7o	69	6o	62	62- 74	6o- 74	57- 63	55- 66
- 5	79	88	59	52	73- 83	79-1o2	55- 65	48- 56
0	8o	81	6o	58	75- 85	78- 87	58- 61	55- 6o

Tabelle 3: Ergebnisse im " Schwarzen Loch " bei hellgekleidetem Fußgänger und Blendung durch Halogen-Abblendlicht

Fußg.-Stand-orte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
- 45	6o	61	56	57	57- 65	57- 62	55- 56	57- 58
- 35	57	63	5o	53	54- 6o	6o- 65	49- 51	52- 54
- 3o	58	6o	47	5o	57- 59	59- 62	46- 48	49- 51
- 25	54	55	53	55	5o- 58	53- 57	53- 54	52- 57
- 2o	62	68	54	54	58- 64	67- 68	53- 56	53- 56
- 15	58	74	5o	51	56- 6o	68- 78	49- 52	49- 52
- 1o	65	74	46	49	59- 73	68- 78	45- 48	45- 52
- 5	73	84	52	54	71- 75	78- 98	5o- 53	52- 56
0	77	84	56	55	65- 87	79- 94	55- 57	54- 55

Tabelle 4: Ergebnisse im "Schwarzen Loch " bei dunkelgekleidetem Fußgänger und Blendung durch konvent. Abblendlicht.

Fußg.-Standorte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
- 45	36	37	5o	5o	35- 36	36- 38	49- 51	5o- 51
- 35	33	32	42	41	33- 34	31- 33	41- 43	41- 42
- 3o	32	32	37	4o	31- 32	31- 32	35- 39	39- 4o
- 25	33	32	36	37	32- 33	3o- 33	35- 38	35- 38
- 2o	35	33	34	34	33- 36	32- 34	34- 35	34- 35
- 15	32	32	34	35	31- 35	3o- 33	33- 35	35- 35
- 1o	34	31	33	34	3o- 35	29- 32	31- 35	32- 35
- 5	32	31	3o	28	3o- 33	28- 34	28- 33	27- 31
0	35	32	33	33	33- 36	3o- 33	32- 33	32- 33

Tabelle 5: Ergebnisse im "Schwarzen Loch" bei dunkelgekleidetem Fußgänger und Blendung durch Halogen-Abblendlicht.

Fußg.-Standorte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
- 45	36	37	45	44	35- 38	36- 4o	45- 47	44- 45
- 35	32	32	38	38	31- 33	31- 33	37- 39	37- 38
- 3o	34	33	35	36	33- 36	32- 34	35- 36	35- 36
- 25	33	31	35	35	33- 35	3o- 32	35- 35	34- 35
- 2o	34	33	3o	32	31- 36	31- 35	22- 31	3o- 32
- 15	35	35	28	3o	33- 37	33- 39	27- 29	28- 3o
- 1o	36	35	25	26	36- 37	33- 36	25- 27	25- 27
- 5	35	33	22	24	33- 37	32- 35	22- 23	22- 26
0	35	34	2o	21	34- 36	31- 35	19- 22	2o- 22

Tabelle 6: Ergebnisse im Silhouettenbereich bei hellgekleidetem Fußgänger und Blendung durch konvent. Abblendlicht.

Fußg.-Stand-orte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
+ 5	117	155	73	83	111-124	148-165	72- 91	75- 88
+ 1o	1o3	123	8o	81	8o-112	1o8-138	75- 86	72- 87
+ 15	8o	88	64	66	73- 88	112-117	61- 72	62- 72
+ 2o	87	75	65	69	76- 92	63- 83	59- 72	61- 73
+ 25	87	85	68	67	75-1oo	87- 9o	62- 77	6o- 76
+ 3o	63	65	83	86	61- 66	6o- 7o	81- 84	83- 9o
+ 4o	66	86	91	85	65- 68	83- 98	86- 94	79- 9o

Tabelle 7: Ergebnisse im Silhouettenbereich bei hellgekleidetem Fußgänger und Blendung durch Halogen-Abblendlicht.

Fußg.-Stand-orte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
+ 5	12o	159	9o	93	1o5-13o	153-172	86- 93	92- 94
+ 1o	119	14o	87	1o4	98-135	136-147	83- 95	1o2-1o7
+ 15	11o	114	96	98	1o3-116	1o9-12o	91-1o6	92-1o5
+ 2o	127	114	1o2	14o	12o-132	112-12o	97-1o5	135-144
+ 25	148	144	95	13o	145-152	138-15o	88-1oo	125-135
+ 3o	1oo	1o6	119	118	97-1o5	1o3-1o8	115-125	115-12o
+ 4o	11o	1o9	116	117	1oo-115	1o6-11o	11o-12o	11o-122

Tabelle 8: Ergebnisse im Silhouettenbereich bei dunkelgekleid. Fußgänger und Blendung durch konvent. Abblendlicht.

Fußg.-Stand-orte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
+ 5	87	9o	45	48	8o- 95	79- 96	35- 54	41- 52
+ 1o	53	51	49	49	47- 6o	42- 58	38- 47	4o- 54
+ 15	84	82	54	56	82- 88	75-1o2	5o- 59	5o- 59
+ 2o	1o9	1o8	55	57	98-115	1o5-115	49- 56	52- 59
+ 25	86	69	52	52	75- 95	64- 74	47- 57	47- 59
+ 3o	68	63	8o	79	58- 73	55- 74	77- 85	74- 87
+ 4o	83	83	9o	85	78- 88	75- 93	85- 98	8o- 9o

Tabelle 9: Ergebnisse im Silhouettenbereich bei dunkelgekleid. Fußgänger und Blendung durch Halogen-Abblendlicht.

Fußg.-Stand-orte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
+ 5	86	84	66	55	71- 95	74- 9o	61- 68	5o- 6o
+ 1o	91	85	72	66	83- 98	72-1o7	65- 7o	65- 78
+ 15	131	124	9o	92	116-147	11o-135	86- 93	9o- 96
+ 2o	117	123	9o	86	1o8-123	115-135	78- 95	82- 9o
+ 25	142	125	96	97	131-148	11o-135	88-1o8	94-1oo
+ 3o	1o1	1o6	123	12o	96-113	95-115	116-128	115-125
+ 4o	1o8	11o	122	115	98-114	98-115	111-125	1o6-122

Tabelle 1o: Ergebnisse bei hellgekleidetem Fußgänger und Blendung durch konvent. Fernlicht.

Fußg.-Stand-orte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
- 45	48	48	55	57	47- 48	48- 48	55- 56	56- 57
- 35	38	37	48	51	37- 39	36- 38	47- 49	5o- 51
- 3o	36	38	45	45	35- 37	37- 38	44- 45	43- 46
- 25	35	35	39	4o	34- 36	35- 35	38- 4o	38- 41
- 2o	34	34	38	36	34- 35	34- 36	35- 39	35- 36
- 15	33	33	35	35	32- 34	33- 34	34- 36	34- 35
- 1o	34	31	35	33	31- 37	28- 33	34- 36	32- 34
- 5	35	33	34	35	32- 38	32- 33	33- 34	34- 35
0	34	32	34	34	31- 38	3o- 35	33- 35	33- 35
+ 5	31	32	25	26	28- 34	27- 35	22- 27	23- 28
+ 1o	35	35	26	25	33- 41	33- 42	23- 27	21- 26
+ 15	33	32	27	27	32- 37	26- 34	23- 29	24- 29
+ 2o	3o	29	27	28	28- 32	28- 31	24- 29	24- 3o
+ 25	31	35	27	28	25- 33	31- 38	25- 29	25- 3o
+ 3o	21	24	36	35	18- 22	2o- 28	34- 38	34- 36
+ 4o	23	3o	37	39	2o- 26	27- 34	35- 4o	38- 4o

Tabelle 11: Ergebnisse bei hellgekleidetem Fußgänger und Blendung durch Halogen-Fernlicht.

Fußg.-Stand-orte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
- 45	45	46	49	5o	44- 45	45- 46	48- 5o	48- 51
- 35	36	36	39	38	36- 37	36- 37	37- 4o	37- 39
- 3o	33	35	35	36	33- 34	34- 35	35- 36	35- 36
- 25	3o	29	35	35	29- 31	29- 3o	35- 36	35- 36
- 2o	29	29	33	35	27- 3o	27- 31	33- 34	34- 35
- 15	27	24	33	3o	25- 3o	23- 25	29- 35	28- 32
- 1o	3o	28	27	26	27- 32	27- 3o	26- 27	25- 28
- 5	3o	3o	25	26	26- 33	27- 33	24- 26	25- 27
0	3o	27	27	24	28- 32	22- 3o	26- 31	23- 26
+ 5	27	32	31	3o	26- 3o	3o- 35	29- 32	28- 31
+ 1o	32	33	27	28	3o- 34	26- 33	26- 28	27- 29
+ 15	35	37	27	23	33- 36	32- 42	26- 29	26- 3o
+ 2o	41	47	33	35	39- 43	43- 5o	31- 35	33- 38
+ 25	45	69	34	45	42- 47	6o- 82	34- 37	34- 38
+ 3o	44	5o	34	4o	42- 45	42- 56	32- 38	35- 45
+ 4o	45	57	57	67	42- 48	56- 59	52- 62	55- 76

Tabelle 12: Ergebnisse bei dunkelgekleidetem Fußgänger und Blendung durch konvent. Fernlicht.

Fußg.-Standorte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
- 45	35	35	47	46	35- 36	35- 37	47- 48	45- 47
- 35	31	3o	38	37	3o- 32	28- 31	38- 38	37- 38
- 3o	31	31	34	33	3o- 31	3o- 32	33- 35	32- 34
- 25	27	26	31	3o	27- 28	25- 27	3o- 31	3o- 31
- 2o	26	25	28	27	24- 28	23- 27	28- 28	26- 28
- 15	23	22	24	24	23- 24	21- 23	23- 24	22- 24
- 1o	21	22	2o	21	2o- 22	2o- 23	2o- 21	2o- 22
- 5	23	21	2o	21	22- 23	2o- 21	2o- 2o	2o- 22
0	18	18	19	2o	17- 19	17- 18	18- 19	19- 21
+ 5	16	16	14	14	15- 18	14- 17	14- 15	14- 15
+ 1o	17	17	15	16	16- 19	17- 17	14- 18	15- 17
+ 15	18	17	16	16	16- 19	16- 19	14- 17	15- 17
+ 2o	16	15	15	16	15- 18	14- 16	14- 17	14- 18
+ 25	17	17	16	16	16- 18	13- 21	14- 16	14- 16
+ 3o	11	11	17	18	1o- 12	1o- 12	17- 18	17- 18
+ 4o	15	15	18	17	14- 16	12- 16	18- 19	17- 18

Tabelle 13: Ergebnisse bei dunkelgekleidetem Fußgänger und Blendung durch Halogen-Fernlicht.

Fußg.-Stand-orte	Erkennungsabst. bei Trock. Fahrb.		Nasser Fahrb.		Variationsbreite der Ergebnisse bei Trockener Fahrb.		Nasser Fahrbahn	
(Meter)	A	B	A	B	A	B	A	B
- 45	36	34	43	45	35- 38	33- 35	42- 44	45- 46
- 35	31	31	36	36	3o- 33	3o- 31	36- 36	36- 36
- 3o	29	29	32	32	28- 3o	28- 3o	32- 33	32- 33
- 25	26	26	3o	3o	25- 27	26- 26	29- 31	29- 31
- 2o	23	22	26	26	22- 23	21- 22	26- 27	25- 26
- 15	2o	19	22	2o	19- 2o	18- 19	21- 23	19- 21
- 1o	18	17	17	18	17- 18	16- 18	16- 17	17- 18
- 5	16	16	16	16	15- 17	15- 17	15- 16	14- 17
0	14	12	14	14	13- 15	11- 14	13- 16	12- 17
+ 5	15	14	15	14	13- 18	12- 15	14- 15	14- 15
+ 1o	17	14	14	15	16- 18	12- 16	13- 14	14- 16
+ 15	14	16	18	18	12- 15	13- 17	18- 18	16- 2o
+ 2o	25	24	23	22	22- 27	18- 28	23- 23	22- 23
+ 25	35	35	33	31	33- 37	32- 38	32- 38	25- 4o
+ 3o	28	26	41	42	25- 33	2o- 32	38- 43	41- 44
+ 4o	34	42	6o	7o	3o- 42	35- 5o	55- 63	69- 72

5. Zur Reproduzierbarkeit der Ergebnisse

Aussagen über die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse macht Abb. 2o.
Auf ihr wurde als Beispiel die Variationsbreiten der Erkennungsabstände je zweier Fußgängerstandorte im Bereich hinter und vor dem Blendfahrzeug dargestellt. (Dunkler Fußgänger, Blendung durch konventionelles Abblendlicht, trockene Fahrbahn).

Vergleicht man die Erkennungsabstände der beiden Beobachter A und B, so fällt in beiden Bereichen die gute Übereinstimmung der Ergebnisse auf.

Der Vergleich der Ergebnisse beider Beobachter A und B für den Bereich "Schwarzes Loch" mit jenen für den "Silhouettenbereich" zeigt, daß die Ergebnisse für die Fußgängerstandorte im "Schwarzen Loch" sehr dicht beieinander liegen, während die Erkennungsabstände für den "Silhouettenbereich" relativ weit auseinander liegen. Letzteres ist ein Hinweis auf die Schwierigkeiten der Fahrer, im "Silhouettenbereich" eindeutig die Beinstellung der Fußgänger zu erkennen (Siehe dazu auch das folgende Kapitel).

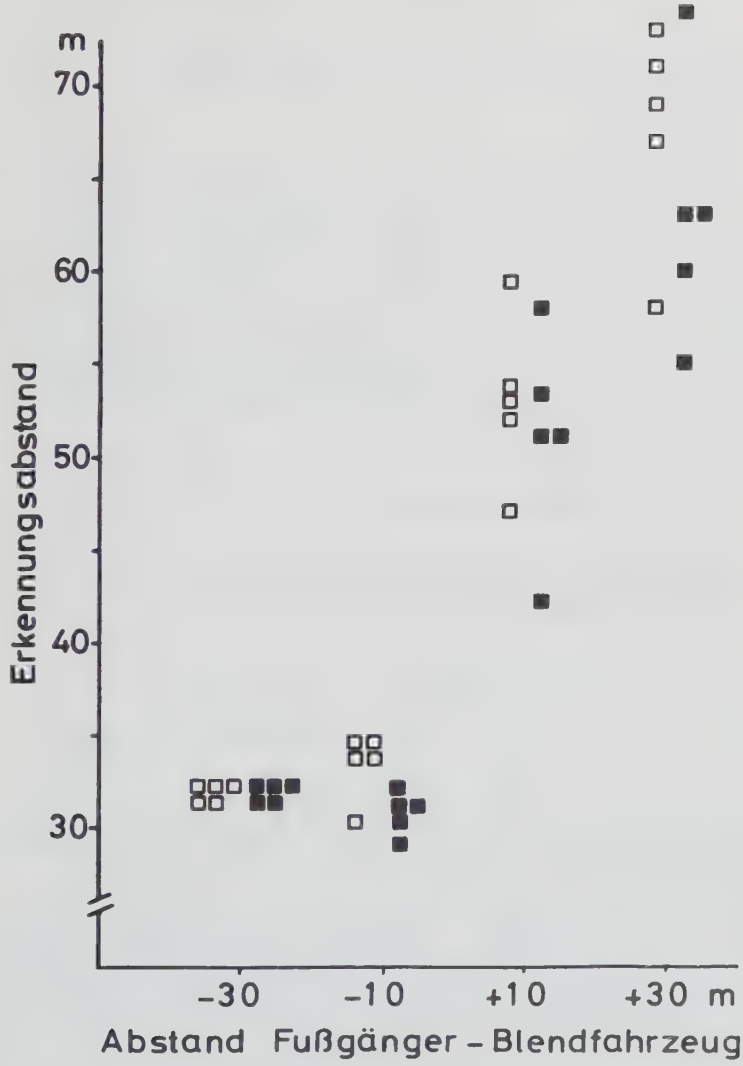


Abb. 2o: Variationsbreiten der Erkennungsabstände für die Fußgängerstandorte 3o m und 1o m hinter, sowie 3o m und 1o m vor dem Blendfahrzeug. Ergebnisse für einen dunkelgekleideten Fußgänger bei Blendung durch konvent. Abblendlicht auf trockener Fahrbahn. □ Beob. A, ■ Beob. B.

D) BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Kritische Bewertung der Aussagekraft der gemessenen Erkennungsabstände

Im nächtlichen Straßenverkehr ist es, wie wir bereits erwähnt haben, wichtig, daß ein Hindernis auf der Fahrbahn einen genügend großen Leuchtdichteunterschied zur Umgebung hat, um für den Kraftfahrer sichtbar zu sein. In vielen Fällen jedoch führt das alleinige Wahrnehmen von Leuchtdichteunterschieden nicht zu einer adäquaten Reaktion beim Kraftfahrer. Erst über das Erkennen der Form und Gestalt des Hindernisses sind situationsgerechte Entscheidungen zu erwarten. Auf eine

Wahrnehmungsphase,

die im wesentlichen von der Lichtunterschiedsempfindlichkeit (LUE) des Auges abhängt, folgt eine

Erkennungsphase,

in der hauptsächlich das Auflösungsvermögen des Auges maßgeblich ist. Diese Zusammenhänge werden auch von anderen Autoren bestätigt (PFEIFFER, RÜSSEL u.a.). Leider sind diese Phasen meist nicht scharf zu trennen. Dennoch ist der Moment, in dem der Fahrer den Fußgänger als solchen erkennt, von entscheidender Bedeutung für die Verkehrssicherheit. Unsere Methode, Erkennungsabstände zu messen, stellt einen Versuch dar, diesen Moment zu erfassen und damit zu messen, wieviel Distanz einem Kraftfahrer noch zur Reaktion bleibt. Dabei war von Beginn an klar, daß die gewonnenen Ergebnisse nur mit kritischer Berücksichtigung der bei ihrem Zustandekommen herrschenden Versuchsbedingungen zu verwenden sind.

Von den Einflüssen, welche die absolute Größe des Erkennungsabstandes mitbestimmten, sind folgende besonders erwähnenswert:

1. Die Voreingenommenheit der Versuchspersonen hatte sicher den größten modifizierenden Einfluß auf die absolute Größe des Erkennungsabstands. Unvorbereitete, unvoreingenommene Versuchspersonen einzusetzen, würden einen Untersucher jedoch vor große methodische, organisatorische und technische Probleme stellen. RUMAR hat trotzdem versucht, eine Beziehung zwischen den "Sehweiten" trainierter und unvorbereiteter Testpersonen herzustellen. Er fand, daß die von unvorbereiteten Fahrern gemessenen Abstände etwa nur halb so groß sind, wie die von trainierten Fahrern. Diese Ansicht bestätigt E. AULHORN. Anläßlich der Auswertung von Testfahrten, die für Sachverständigengutachten bei ca. 4o Dunkelheitsunfällen durchgeführt wurden, stellte sie fest, daß die beteiligten Fahrer im Mittel erst bei 5o% Distanz Reaktion zeigten, die die voreingenommenen Testfahrer ermittelten. ARNOLD stellte fest, daß die Länge der Erkennungsabstände einer Reihe von Versuchsfahrern beim ersten Versuchsdurchgang im Durchschnitt nur 47% des Ergebnisses beim zweiten Versuch betrug. Man kann also davon ausgehen, daß ein von einem Hindernis auf der Fahrbahn überraschter Fahrer höchstens halb so " gut " sieht, wie ein das Hindernis erwartender Versuchsfahrer. Man muß also, um der Realität nahe zu kommen, die bei unseren Versuchen gewonnenen Ergebnisse mindestens halbieren.

2. Der Standort des Fußgängers zum Blendfahrzeug hat einen großen Einfluß auf die Entscheidung der Versuchspersonen und auf die Größe der Erkennungsabstände. Für die Fußgängerstandorte hinter dem Blendfahrzeug konnten sehr genaue Abstände gemessen werden, weil für den herannahenden Fahrer Wahrnehmungsabstand und Erkennungsabstand nahezu gleich waren. Der Fußgänger tauchte "schlagartig" im Dunkel des Hintergrundes auf.

Für die Fußgängerstandorte vor dem Blendfahrzeug fand sich ein weiter Bereich zwischen Wahrnehmen und Erkennen. Hier hatte der (voreingenommene) Beobachter große Entscheidungsschwierigkeiten, denn der Fußgänger konnte oft schon auf weite Distanz " erahnt " werden - ebenso sein Erkennungsmerkmal:

geschlossene oder leicht gespreizte Beine. So mußten die Versuchsfahrer nach einem individuellen Seheindruck ihre Entscheidung treffen: das Erkennungsmerkmal sollte nicht nur fraglich, sondern eindeutig, also mit genügender Sicherheit erkannt werden. Da das Kriterium "genügende Sicherheit" je nach Mentalität der verschiedenen Beobachter naturgemäß unterschiedlich ausfällt, ergibt sich eine große interindividuelle Streuung, während die intraindividuelle Streuung relativ gering ist. So kam man in diesem Bereich vor dem Blendfahrzeug zu Ergebnissen, deren absolute Größe und Vergleichbarkeit mit anderen Fahrern fraglich sind, während die relativen Unterschiede der Erkennungsabstände bei demselben Beobachter für die verschiedenen Vergleichsparameter (Fahrbahnbeschaffenheit, Reflexionsgrad der Kleidung, Scheinwerfersysteme) annehmbare Aussagen erlauben. Man sollte also bei abweichenden Ergebnissen, wenn ein Parameter geändert wurde, nicht die absoluten sondern die relativen Änderungen (Prozent Unterschied zum Vergleichswert) bewerten.

3. Der gerade und ebene Verlauf der Versuchsstrecke ist ein Idealzustand. In Kurven, Senken und auf Kuppen müssen andere Erkennungsabstände erwartet werden. Die ermittelten Erkennungsabstände dürfen nicht ohne weiteres auf anders verlaufende Straßen übertragen werden. Doch ist zu erwarten, daß der Einfluß des Fahrbahnzustandes, der Blendlichtqualität und des Reflexionsgrades der Fußgängerkleidung auf den Erkennungsabstand, der bei anders verlaufenden Straßen gemessen wird, vergleichbar groß sein wird.

4. Die Fahrbahn, ihre Lichtreflexionseigenschaften und die Gleichmäßigkeit des Fahrbahnbelages, sowie die Art der Gebilde, die den Fahrbahnrand bilden (Randstreifen, Randsteine, Wände, Büsche, Böschungen usw.) beeinflussen die Erkennbarkeit von Hindernissen. Da sich bei einem unruhigen Straßenbild, bei sich bewegenden Fahrzeugen und Fußgängern das Sehobjekt " Fußgänger " auf unterschiedlichen Hintergrund projiziert, müssen auch unterschiedliche Erkennungsabstände resultieren.

5. Natürlich wirkt sich auch der Zustand der technischen Einrichtungen am Fahrzeug auf die Größe des Erkennungsabstandes aus. PFEIFFER findet bei zerkratzten Windschutzscheiben eine beträchtliche Minderung der Erkennbarkeit von Hindernissen auf der Fahrbahn. Ebenso von Einfluß ist der Zustand der elektrischen Anlage im Kraftfahrzeug (Lichtstärke der Scheinwerfer) und der Verschmutzungsgrad der Scheinwerferverglasungen. Häufig sind die Scheinwerfer der Fahrzeuge falsch eingestellt. Dies hat große Auswirkungen auf die Erkennungsabstände der betroffenen Fahrer (RUMAR 1968, LINDAE 1969).

Nach Berücksichtigung dieser Punkte kann man zusammenfassend sagen:

1. Die absolute Größe der nach der beschriebenen Methode gemessenen Erkennungsabstände gilt nur für eine gerade, mit einem gleichmäßigen Asphaltfeinbetonbelag bedeckte Fahrbahn, für trainierte Versuchsfahrer und für die im Kapitel Methodik erwähnten technischen Einrichtungen der Versuchsfahrzeuge.

2. Die relativen Änderungen der Erkennungsabstände (Prozentuale Unterschiede) bei der Veränderung einzelner Versuchs-Parameter (Standort des Fußgängers, Reflexionsgrad der Kleidung, trockene oder nasse Fahrbahn, Scheinwerfersystem) haben allgemeine Bedeutung und lassen auch Schlüsse für andere Blendungssituationen zu, die bedingt sind durch anderen Straßenverlauf, andere Straßenbreiten und andere Fahrbahn-Oberflächen. Die relativen Änderungen gelten nicht nur für trainierte Beobachter sondern auch für unvoreingenomme Fahrer.

Vorversuche ohne Blendung

PFEIFFER hat in Vorversuchen zu Untersuchungen, die dem Vergleich zwischen konventionellem und Halogenlicht dienten, für eine dunkle Fußgängerattrappe (Reflexionsgrad 4%) auf einer trockenen Versuchsstrecke einen Erkennungsabstand von 4o Metern

gefunden. Obwohl Versuchsaufbau und Methodik von der unsrigen abweichen (fester Beobachterstandort, beweglicher Fußgänger), läßt sich dieser Wert gut mit demjenigen für unseren Fußgänger (etwa 5% Reflekionsgrad, 42 m) vergleichen.

Der hellgekleidete Fußgänger gibt einen besseren positiven Kontrast im Scheinwerferlicht ab - dies zeigt der etwa doppelt so große Erkennungsabstand.

Die auf nasser Fahrbahn deutlich grösseren Erkennungsabstände für beide Fußgänger hat auch RUMAR beschrieben. Der größere Erkennungsabstand kommt durch eine zweifache Verstärkung der Kontrastbildung zustande:

1. Durch den die Fahrbahn überziehenden Nässefilm geht die diffus lichtstreuende Eigenschaft der trockenen Fahrbahn verloren. Damit wird nur sehr wenig Licht zur Fahrbahn zurückreflektiert - die Fahrbahn wirkt dunkel und bietet einen günstigen Hintergrund für helle Objekte.

2. Nach den Gesetzen der spiegelnden Reflexion wird mehr Licht in Fahrtrichtung geworfen - der Fußgänger wird stärker beleuchtet und er erscheint deshalb heller.

Unter bestimmten Umständen kann es allerdings auch zu einer Verkürzung der Erkennungsabstände bei Nässe kommen: wenn der Fußgänger sich, vor allem auf breiten Straßen, auf eventuell helle Objekte am Fahrbahnrad projiziert und somit an Kontrast zum Hintergrund verliert.

Blendung durch Abblendlicht (Abb. 12-15)

Durch das Auftreten von Gegenlicht ergeben sich für den Kraftfahrer andere Sehbedingungen. Sichtverbessernde und sichtverschlechternde Faktoren beeinflussen das Erkennen von Hindernissen. Hierzu muß allerdings gesagt werden, daß das

"gegnerische Licht" im Fahrerauge natürlich in jedem Fall eine Sehverschlechterung bewirkt. Zu einer Sehverbesserung kommt es nur dann, wenn durch die zusätzliche Ausleuchtung des Gesichtsfelds durch das Blendlicht günstige Kontrastverhältnisse entstehen und der sehverschlechternde Effekt des Blendlichts im Auge geringer ist als der sehverbessernde Effekt auf der Fahrbahn.

Ein sichtverbessernder Effekt entsteht also durch die zusätzliche Ausleuchtung der Fahrbahn durch die"gegnerischen Scheinwerfer". Durch die technische Eigenart des Abblendlichts wird selektiv die Fahrbahn und ihr Rand ausgeleuchtet, während höher über der Fahrbahn liegende Objekte (z.B. das Auge des entgegenkommenden Fahrers) nicht vom direkten Lichtstrahl getroffen werden sollen. Ein Fußgänger, der vor dem so entstandenen hellen Umfeld steht, ist-solange er nicht vom eigenen Scheinwerfer des Beobachterfahrzeugs erfaßt wird - als dunkle Silhouette zu erkennen. Es treten also in dem Raum vor dem entgegenkommenden Fahrzeug Silhouetteneffekte auf. Diese Effekte haben RUMAR und JOHANSSEN (1964) untersucht. Sie finden, daß das Wahrnehmen von Silhouetten durch helle Fahrbahnen und enge Straßen gefördert wird. Erklärt wird dieser Umstand (der für unsere Versuchsstrecke zutrifft) dadurch, daß sich das Hindernis im Falle heller Fahrbahndecken als Hintergrund unter einem stärkeren negativen Kontrast darstellt. Bei schmalen Straßen projiziert sich der Umriß des Fußgängers viel häufiger auf die Fahrbahn, wodurch es ebenfalls öfters zu negativen Kontrasten kommt, als auf breiten Straßen, auf denen meist der dunklere Fahrbahnrand hintergrundbildend wird.

Natürlich ergeben sich für die Standorte im Silhouettenbereich auch positive Kontraste. Diese entstehen, wenn sich vor allem Teile des Oberkörpers des Fußgängers auf den unbeleuchteten Hintergrund projizieren. Der Fußgänger erscheint heller als dieser Hintergrund, wenn u.a. folgendes auftritt:

1. Die Gestalt des Fußgängers wird vom Scheinwerferlicht des Beobachterfahrzeugs erfaßt.

2. Der zur Fahrbahnmitte gerichtete Rand der Fußgänger-Silhouette ist vom Licht des Blendfahrzeugs hell angestrahlt.

Bei nasser Fahrbahn schwächen sich, wie auch RUMAR und JOHANSON finden, diese Silhouettenbilder ab. Sie spielen jedoch weiterhin eine Rolle und können sich bei zunehmendem Regenfall sogar wieder verstärken. Wie wir bei den im Regen durchgeführten Versuchen feststellten, entsteht durch die Regentropfen eine über der Fahrbahn liegende, diffus lichtstreuende, helle Spritzenschicht, die ebenfalls negative Kontraste verstärken kann. Auch der Fahrbahnrand bleibt bei Nässe oft hell. Dort durchbrechen manchmal Schmutzpartikel, Fahrbahneinrisse o.ä. den spiegelnden Wasserfilm und streuen darauffallendes Licht diffus, so daß er hell erscheint. Unverändert hell erscheinen auch Gebilde am Straßenrand wie Büsche, Böschungen und Grasstreifen.

Der Blendungsvorgang im Augapfel, als sichtverschlechternder Effekt, hervorgerufen durch die "gegnerischen Scheinwerfer", ändert sich im Verlauf einer Blendungssituation. Kleine Blendwinkel und hohe Hornhautbeleuchtungsstärken verstärken die Blendung. Während die Blendwinkel bei unseren Versuchen auf trockener und nasser Strasse dieselben blieben, änderten sich die Hornhautbeleuchtungsstärken. Sie sind auf nasser Fahrbahn wesentlich größer. Dies erklärt sich durch die spiegelnde Reflexion der nassen Fahrbahn, die das vom gegnerischen Fahrzeug ausgesandte Licht kaum abgeschwächt weiter in Fahrtrichtung wirft. Der dabei die Augen des Betrachters erreichende Lichtanteil stammt aus den Reflexionsorten der hellen Reflexbänder auf der Fahrbahn. Schon aufgrund der Ergebnisse der Hornhautbeleuchtungsstärke-Messungen muß man also annehmen, daß die Blendung auf nasser Fahrbahn größer sein wird, als auf trockener Straße.
Sichtverschlechternd müssen sich auch die schwächeren Silhouette effekte im Bereich vor dem Blendfahrzeug auswirken. Dem stehen jedoch die bereits bei den Versuchen ohne Blendung beschriebene größere Reichweite des eigenen Abblendlichts

und die durch die dunklere Fahrbahn verstärkte Bildung positiver Kontraste entgegen.

Näheres über die Auswirkungen dieser das Sehen beeinflussenden Faktoren bringt der Vergleich der Erkennungsabstände bei trockener und nasser Fahrbahn in den verschiedenen Blendsituationen und unter wechselnden Bedingungen (Abb. 12 - 15).

Fußgängerstandorte v o r dem Blendfahrzeug - Silhouettenbereich (Abb. 12 - 15)

Wir sehen, daß für beide Fußgänger und beide Scheinwerfersysteme für die Positionen +5 bis +25 die Erkennungsabstände auf nasser Fahrbahn deutlich schlechter sind. Als Ursache dafür müssen die höheren Hornhautbeleuchtungsstärken und der geringere Silhouetteneffekt auf der nassen Fahrbahn angeschuldigt werden.

Auf den Positionen +3o und +4o wird plötzlich wieder, wie bei blendungsfreien Bedingungen, der auf der nassen Fahrbahn stehende Fußgänger besser erkannt. Hier ist es möglich, daß für diese Fußgängerstandorte die bereits oben beschriebenen positiven Kontraste (die bei Nässe stärker sind) zur Wirkung kommen: der Körper des Fußgängers wird bei nasser Fahrbahn früher und stärker vom Scheinwerferlicht des Beobachterfahrzeugs erfaßt und hebt sich gegen die dunklen Anteile des Hintergrunds ab.

Vergleicht man die im Silhouettenbereich gefundenen Erkennungsabstände mit denjenigen der Versuche ohne Blendung, so findet sich, daß bei Blendung der helle Fußgänger bei Trockenheit besser, bei Nässe gleich gut oder schlechter erkannt wird.
Für den Fußgänger kommt es auf der nassen Fahrbahn zu einer mäßigen, auf der trockenen zu einer starken Verbesserung der Erkennbarkeit. Hier ist anzunehmen, daß der dunkle Fußgänger seine bessere Erkennbarkeit dem durch seinen geringen Reflexionsgrad deutlicher werdenden negativen Kontrast verdankt.

Fußgängerstandorte h i n t e r dem Blendfahrzeug
(Abb. 12 - 15)

Vergleicht man zunächst wieder mit den Erkennungsabständen, die bei den Versuchen ohne Blendung gefunden wurden, so sieht man, daß es nun für nahezu alle Fußgängerstandorte zu einer Verschlechterung der Erkennbarkeit kommt (Nur die Ergebnisse für den hellen Fußgänger auf trockener Fahrbahn in den blendfahrzeugnahen Standorten - 5 und 0 erreichen den entsprechenden Erkennungsabstand der Versuche ohne Blendung).
In diesem Bereich kommt es also, im Gegensatz zum Silhouettenbereich, zu einer deutlichen Verschlechterung der Sicht, verursacht durch die sich nun voll auswirkenden sichtverschlechternden Effekte der Blendscheinwerfer-Wirkung im Auge.

Der Vergleich der Erkennungsabstände für die trockene und nasse Fahrbahn bringt folgendes Bild:
Für die nahe dem Blendfahrzeug gelegenen Standorte finden sich größere Erkennungsabstände auf trockener Fahrbahn. Hier kommt der Beobachter mit seinem Fahrzeug in einen Bereich, in dem er von den größeren Hornhautbeleuchtungsstärken bei nasser Fahrbahn stärker geblendet wird.
Auf den peripher gelegenen Fußgänger-Positionen gleichen sich die Erkennungsabstände wieder an, oder werden, wie besonders beim dunklen Fußgänger zu sehen ist, auf nasser Fahrbahn größer. Hier kommt also der Beobachter mit seinem Fahrzeug in einen Bereich, wo vor allem der Blendwinkel sehr groß wird, die Blendwirkung somit nachläßt.
Die Erkennungsabstände verhalten sich dann wieder wie bei den Versuchen ohne Blendung, d.h. allgemeines Ansteigen aller Erkennungsabstände und Wechsel der besseren (größeren) Abstände auf die Seite der Versuche bei Nässe.
Man kann diese Entwicklung vor allem beim dunklen Fußgänger verfolgen. Für den hellen Fußgänger ist die gleiche Tendenz auf über - 45 m hinter dem Blendfahrzeug gelegenen Standorten zu erwarten (- 45 m ist der letzte Fußgängerstandort hinter dem Blendfahrzeug, weiter zurückliegende Positionen wurden nicht mehr untersucht).

Erkennungsabstände für die Fußgängerstandorte v o r und h i n t e r dem Blendfahrzeug im Vergleich (Abb. 12 - 15)

Man sieht, daß die für den Silhouettenbereich gemessenen Erkennungsabstände im allgemeinen größer sind, als jene für den Fußgänger im "Schwarzen Loch". Besonders ausgeprägte Unterschiede finden sich für den dunklen Fußgänger und bei trockener Straße.

Beim Vorbeifahren am Blendfahrzeug finden im Sehorgan des Fahrers Adaptationsvorgänge statt und es dauert eine Weile, bis sich das Auge an die niedrigen Leuchtdichteverhältnisse im "Schwarzen Loch" gewöhnt hat. Nach AULHORN dauert die Readaptationszeit, je nach Alter des Probanden 2 bis 4 und mehr Sekunden. Bei unseren im Schritt-Tempo gefahrenen Versuchen kam die Blendnachwirkung während dieser Zeit kaum zum tragen, so daß man annehmen kann, daß Erkennungsabstände, die bei höheren Geschwindigkeiten für diese Standorte gelten, noch wesentlich kleiner sind und der Unterschied zur Sicht im Silhouettenbereich noch größer wird.

Blendung durch Fernlicht (Abb. 16 - 19)

Die subjektiv empfundene Blendstörung während der Versuche bei Fernlicht-Blendung war zwar sehr stark, doch ließen sich die Erkennungsabstände recht gut ermitteln. Beim Heranfahren kam es meist zu einem ziemlich abrupten Auftauchen des Fußgängers im Randbereich zwischen Scheinwerfer-Streukreis, dunklem Hintergrund und heller (trockener) oder dunkler (nasser) Fahrbahn. Wahrnehmungs- und Erkennungsmoment lagen sehr nahe beieinander, so daß die Messung einfach war und die Ergebnisse nur gering variierten.

Fußgänger, die in Höhe der Blendquelle (vor allem beim Halogen-Fernlicht) oder kurz davor standen (bei konvent. Fernlicht) wurden am schlechtesten erkannt. Hier gelangt der Beobachter im Erkennungsabstand in einen Bereich, wo er stärkster Blendung ausgesetzt ist: bis auf 1o - 4o m vor

das Blendfahrzeug, wo sich die Spitzenwerte der Hornhautbeleuchtungsstärken finden.
In davor und dahinter liegenden Positionen wird der Fußgänger dann zunehmend besser erkannt: Dies wird erklärlich durch größer werdende Blendwinkel für die Positionen im "Schwarzen Loch" und durch abnehmende Hornhautbeleuchtungsstärken bei den Positionen im Silhouettenbereich.

Daß sich bei unseren Versuchen im Silhouettenbereich die Erkennbarkeit des Fußgängers in den peripheren Positionen ausgerechnet bei Halogenfernlichtblendung deutlicher bessert als bei konventionellem Fernlicht erscheint paradox, wenn man bedenkt, daß Halogenfernlicht viel stärkere Hornhautbeleuchtungsstärken am Auge verursacht. Eine Erklärung für diese günstigere Wirkung des Halogenfernlichts konnten wir nicht finden.

Der Vergleich zwischen den Erkennungsabständen bei trockener und nasser Fahrbahn bietet ein ähnliches Bild, wie wir es bei Abblendlichtblendung gefunden haben. Auf peripheren Positionen wird der Fußgänger - der helle und dunkle gleichermaßen - bei Nässe besser erkannt, während er kurz vor und hinter der Blendquelle stehend, eher auf trockener Fahrbahn sichtbar ist. Auch hier darf man annehmen, daß die schlechtere Sicht durch die bei Nässe größeren Hornhautbeleuchtungsstärken verursacht ist.

E) SCHLUSSBETRACHTUNG UND FOLGERUNGEN

Bei der Bewertung unserer Versuche bietet sich folgender Überblick über die Auswirkungen der verschiedenen Blendungssituationen auf das Erkennen des Fußgängers:
Bei Blendung durch Abblendlicht zeigt sich der große Einfluß des Standorts (vor oder hinter dem Blendfahrzeug) auf den Erkennungsabstand. Im Silhouettenbereich sind die Erkennungsabstände verhältnismäßig groß. Sie sind in den meisten Fällen sogar größer als unter blendungsfreien Bedingungen. Die Erkennbarkeit in diesem Bereich vergrößert sich im allgemeinen bei trockener (hell erscheinender) Fahrbahn und dunkelgekleidetem Fußgänger, wegen der sich dabei verstärkenden negativen Kontraste.

Ein Fußgänger der hinter dem entgegenkommenden Fahrzeug steht, wird wesentlich schlechter erkannt, als bei blendungsfreien Bedingungen. Hier wird ein hellgekleideter Fußgänger, möglichst auch auf trockener Fahrbahn, am frühesten erkannt. Der Einfluß der Blendung nimmt langsam ab, je weiter der Fußgänger vom Blendfahrzeug entfernt steht. Dort werden die Erkennungsabstände nach und nach wieder so groß, wie bei blendungsfreien Bedingungen und der Fußgänger wird auf nasser Fahrbahn wieder besser erkannt, als auf trockener Straße.

Bei Blendung durch Fernlicht kommt es zu einer starken Verkürzung der Erkennungsabstände. Sie werden um so kleiner, je näher der Fußgänger am Blendfahrzeug steht und je dunkler er gekleidet ist. Mit zunehmendem Abstand von den Blendscheinwerfern steigen die Erkennungsabstände und der Fußgänger auf der nassen Fahrbahn wird relativ besser erkannt, als jener auf der trockenen Straße. Auch hier kommt es somit zu einer Annäherung an die Verhältnisse ohne Blendung, wenn der Fußgänger weit genug vor oder hinter den Blendscheinwerfern steht.

Es soll nochmals vorangestellt werden, daß die von uns gemessenen Erkennungsabstände nicht den allgemeingültigen Anspruch sogenannter " Sichtweiten " haben, sondern situationsabhängige und individuell unterschiedliche Größen sind. Weiterhin soll daraufhingewiesen werden, daß während der Blendung durch ein entgegenkommendes Fahrzeug es im Auge des Fahrers immer zu einer Sehverschlechterung kommt, andererseits eine Sichtverbesserung dadurch entstehen kann, daß das Blendlicht eine die Kontrastbildung verbessernde Ausleuchtung der Fahrbahn hervorruft.

Welche Auswirkungen haben nun diese Erkenntnisse auf die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer und auf eventuelle, die Verkehrssicherheit fördernde Maßnahmen?

Es gibt theoretisch eine Menge Möglichkeiten, das Blendproblem und die dabei auftretende Gefährdung der Verkehrsteilnehmer zu verringern:

- durchgehende, stationäre Beleuchtung der Fahrbahnen, um mit Standlicht fahren zu können,
- Blendschutzwände zwischen den Fahrbahnen,
- genügend Fußgängerwege und Fußgängerunter- und überführungen,
- Scheinwerfer mit polarisiertem Licht,
- Erhöhung der Kontraste der Sehobjekte, usw.

Einige dieser Maßnahmen sind jedoch wegen finanziellen oder technischen Problemen nicht überall durchführbar und werden wohl auch in Zukunft Utopie bleiben. Man muß sich deshalb damit abfinden, daß es auch weiterhin Blendprobleme geben wird, und daß man den Fußgänger nicht von der Fahr-Straße verbannen kann. Deshalb sollte man sich mit den realisierbaren Maßnahmen auseinandersetzen.

Diesbezüglich interessante Fortschritte gibt es bei der Konstruktion der Fahrbahndecken. Untersuchungen haben ergeben, daß helle Fahrbahndecken dem Sehen im nächtlichen Straßenverkehr größere Vorteile bringen, als dunkle Fahrbahnen (SMIATEK). Vor allem der bei einem hellen Umfeld günstigere Adaptationszustand des Auges mit den sich daraus ergebenden Vorteilen für die relative Lichtunterschiedsempfindlichkeit spricht für diese Forderung. Deshalb werden modernen Straßenbelägen aufhellende Mineralien zugemischt. Obwohl solche helle Fahrbahndecken das Wahrnehmen von dunklen Hindernissen begünstigen müßten, werden hellgekleidete Fußgänger meist besser erkannt. Dies kommt vor allem deshalb zu stande, weil bei dem flachen Sehwinkel, unter dem ein Fahrer einen Fußgänger auf der Fahrbahn sieht, eben doch der noch nicht ausgeleuchtete, dunkel erscheinende Teil der Fahrbahn den Hintergrund bildet und der Fußgänger so als positiver Kontrast gesehen wird. Diese begünstigte Sichtbarkeit heller Fußgänger erfährt im Silhouettenbereich eine bereits beschriebene Einschränkung. Trotzdem muß man, weil in diesem Bereich helle, wie dunkle Fußgänger noch einigermaßen gut erkannt werden, fordern, daß Fußgänger zur Erhöhung ihrer Sicherheit möglichst helle, gut reflektierende Kleidung tragen sollten.

Die sehr geringen Erkennungsabstände bei Blendung durch Fernlicht zeigen, daß das Benutzen von Fernlicht in Begegnungssituationen unter allen Umständen vermieden werden sollte. Ein Fußgänger, der sich in der Nähe des Blendfahrzeugs auf der Straße befindet, könnte von einem vorbeifahrenden Kraftfahrer, der vorschriftsmäßig mit Abblendlicht fährt, nicht rechtzeitig erkannt werden.

In den üblicherweise bei Abblendlicht stattfindenden Begegnungen muß ein Kraftfahrer vor allem auf plötzlich auftauchende Hindernisse im Bereich des " Schwarzen Lochs " achten. Dies bedeutet vor allem, daß er rechtzeitig sein Fahrtempo vermindert, damit sich sein Anhalteweg dem erniedrigten Erkennungsabstand anpaßt.

Der Fußgänger sollte sich seiner teilweise sehr schlechten Erkennbarkeit auf der Straße bewußt werden und sein Verhalten darauf abstimmen. Außer heller Kleidung sollte er, wenn möglich, noch stärker reflektierende Materialien tragen, die schon aus weiter Entfernung gut reflektieren. Es könnten beispielsweise Bänder an den Beinen angebracht werden, die die Reflexionseigenschaften von Rückstrahlern haben. Dieser Gedanke kam uns, als während der Versuche ein als Fußgänger eingeteilter Proband Lackschuhe trug, die schon auf weite Entfernungen als glänzende, beim Gehen auf- und abhüpfende Reflexe zu sehen waren. Inwieweit solche Materialien Einfluß auf den Erkennungsabstand haben, müßte jedoch noch untersucht werden.

Wie wir gesehen haben, führt die Blendung auf nasser Fahrbahn zu einer zusätzlichen Einschränkung der Erkennbarkeit eines Fußgängers. Dem steht die bessere Sichtbarkeit des Fußgängers auf der nassen Fahrbahn ohne Blendung entgegen. Da mit zunehmender Motorisierung heutzutage die Wahrscheinlichkeit von Gegenverkehr auch bei Nacht und auf kleineren Straßen immer größer wird, hat dieser Vorteil der nassen Fahrbahn an Bedeutung verloren. Es wäre deshalb erstrebenswert, daß Straßen gebaut werden, die auch bei Nässe das Licht diffus reflektieren und damit im Scheinwerferlicht hell aussehen. Da glatte Fahrbahndecken, die mit aufhellenden Stoffen behandelt wurden, bei Nässe diese Eigenschaft verlieren, könnten nur grobe Beläge und verbesserte Abflußbedingungen für Wasser Erfolge bringen. KESSCHULL hat mit eindrucksvollen Photos gezeigt, wie grobkörnige Asphaltbetondecken bei Nässe nahezu noch das gleiche Reflexionsverhalten zeigen, wie bei Trockenheit. Allerdings verschlechtern solche Beläge die fahrtechnischen Qualitäten der Fahrbahn, so daß der Vorteil besserer lichttechnischer Eigenschaften mit Nachteilen für den Fahrkomfort und Materialverschleiß erkauft werden müßte. Da derzeit überzeugende Verbesserungsmöglichkeiten fehlen, werden die Gefahren nasser Fahrbahnen in Kauf genommen werden müssen.

Deshalb liegt es vor allem am Verkehrsteilnehmer, sich besonders bei Nässe vorsichtig zu verhalten und die bei Blendung verkürzten Erkennungsabstände zu berücksichtigen.

F) ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluß trockener und nasser Fahrbahndecken auf den Erkennungsabstand des Kraftfahrers in Blendungssituationen untersucht. Unter Erkennungsabstand wird hier der Abstand zwischen einem Fahrzeug und einem Hindernis auf der Straße zu dem Zeitpunkt verstanden, da der Fahrzeuglenker das Objekt - einen Fußgänger - erkennt.

Bei den unter Abblendlicht-Blendung durchgeführten Versuchen zeigte sich der große Einfluß des Standorts des Fußgängers (vor oder hinter dem Blendfahrzeug) auf den Erkennungsabstand. Im sogenannten Silhouettenbereich, dem Bereich zwischen den Fahrzeugen, sind die Erkennungsabstände verhältnismäßig groß. Sie sind in den meisten Fällen sogar größer als unter blendungsfreien Bedingungen. Die Erkennbarkeit des Fußgängers in diesem Bereich vergrößert sich im allgemeinen bei trockener (hell erscheinender) Fahrbahn und dunkelgekleidetem Fußgänger, wegen der sich dabei verstärkenden negativen Kontraste. Ein Fußgänger der hinter dem entgegenkommenden Fahrzeug steht, wird wesentlich später erkannt, als bei blendungsfreien Bedingungen. Hier wird ein hellgekleideter Fußgänger, möglichst auch auf trockener Fahrbahn, am frühesten erkannt. Der Einfluß der Blendung nimmt langsam ab, je weiter der Fußgänger vom Blendfahrzeug entfernt steht. Dort werden die Erkennungsabstände nach und nach wieder so groß wie unter blendungsfreien Bedingungen und der Fußgänger wird auf nasser Fahrbahn wieder besser erkannt als auf trockener Straße.

Bei Blendung durch Fernlicht kommt es zu einer starker Verkürzung der Erkennungsabstände. Sie werden um so kleiner, je näher der Fußgänger am Blendfahrzeug steht und je dunkler er gekleidet ist. Mit zunehmendem Abstand von den Blendscheinwerfern steigen die Erkennungsabstände und der Fußgänger auf der nassen Fahrbahn wird relativ besser erkannt, als jener auf trockener Straße. Auch hier kommt es somit zu einer Annäherung an die Verhältnisse ohne Blendung, wenn der Fußgänger weit genug vor oder hinter den Blendscheinwerfern steht.

Allgemein fällt auf, daß trotz der subjektiv stärker empfundenen Blendstörung bei nasser Fahrbahn keineswegs immer ein Fußgänger auf nasser Fahrbahn schlechter erkannt wird. Weiterhin ist bemerkenswert, daß die Erkennbarkeit des Fußgängers bei Nässe vor allem dann geringer als auf trockener Straße ist, wenn er sich zwischen den Fahrzeugen - im sog. Silhouettenbereich - befindet. Eine bei trockener und nasser Fahrbahn gleichermaßen verminderte Erkennbarkeit eines Fußgängers findet sich dann, wenn der Fußgänger sich im Bereich hinter dem entgegenkommenden Blendfahrzeug befindet.

Eine Verminderung der Blendung oder der durch sie verursachten Sehstörung durch Verbesserungen im Scheinwerfer- und Straßenbau erscheint angebracht, ist jedoch mit technischen und wirtschaftlichen Problemen verbunden. Wichtigste und wirksamste Vorsichtsmaßnahme ist deshalb, den Verkehrsteilnehmer über die bei Blendung verkürzten Erkennungsabstände aufzuklären und so zu größerer Vorsicht zu veranlassen.

G) LITERATURVERZEICHNIS

ARNOLD, R.: Dissertation im Druck

AULHORN, E.: Über die Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch Sehmängel. Bericht von der III. Studientagung für Verkehrswissenschaft, Hamburg (1964).

AULHORN, E.: Über die Untersuchung der Nachtfahreignung von Kraftfahrern mit dem Mesoptometer. Klin. Monatsblätter für Augenheilkunde, Bd. 15, 843 - 873, (197o).

AULHORN, E.: Blendung aus der Sicht des Ophtalmologen. Bericht über die 65. Zusammenkunft der Deutschen Ophtalmologischen Gesellschaft in Heidelberg (1961).

AULHORN, E.: Über die Blendungsempfindlichkeit des gesunden und kranken Auges. Vortrag bei der Arbeitstagung: Auge - Licht - Verkehrsgeschehen in Mainz, 1966. Hersg. Lichttechnische Gesellschaft (1967).

BEHRENS, H.: Sehen und Beleuchten im Straßenverkehrsrecht, Zeitschr. f. Verkehrssicherheit 4, 226 - 252, (1963).

BITZL, F.: Straßenverkehrsunfälle bei Dunkelheit und schlechter Sicht. Zeitschr. f. Verkehrssicherheit 3/4, 291 - 3o3, (1963).

de BOER, J.B.: Blendung bei nächtlichem Straßenverkehr, Zentralblatt f. Verkehrsmedizin 3,185 - 2o3, (1957).

de BOER, J.B., MORASZ, W.: Berechnung der Sehweite der Lichtverteilung von Autoscheinwerfern, Lichttechnik 1o, (1956).

DIN 58 387 Optik: Begriffe Sehweite, Sehschärfe, Erkennbarkeitsweite.

JOHANSSON, G., RUMAR, K.: Silhouette Effects in Night Driving. Dept. of Psychology, Univ. of Uppsala, Sweden, Report 19, (1964).

JOHANSSON, G., RUMAR, K.: Visibility Distances and Safe Speeds for Night Driving Car Meetings. Int. Sess. of CIE, Washington, Juni (1967)

KEBSCHULL, W.: Leuchtdichteverhältnisse bei feuchten Straßen. Vortrag bei der Arbeitstagung: Auge - Licht - Verkehrsgeschehen in Mainz 1966, Hersg. Lichttechn. Ges., (1967).

LINDAE, G.: Können die Beleuchtungseinrichtungen der Kraftfahrzeuge noch verbessert werden? Zeitschr. f. Verkehrssicherhe 3/4, 97 - 11o, (1963).

LINDAE, G.: Sichtweite des Abblendlichts und Belastungsabhängigkeit. Zeitschr. f. Verkehrssicherheit 3, 182 - 185, (19

MACH, N.: Straßenverkehrsunfälle durch Sicht- und Bleuchtungsmängel. Zeitschr. f. Verkehrssich. 3/4, 3o5-312, (1963).

PFEIFFER, G.: Problem Halogenlicht, Frankfurt a.M. Tetzlaff-Verlag (1972).

PFEIFFER, G.: Der Einfluß des Streulichts in Windschutzscheiben auf das Wahrnehmen von Gegenständen auf der Fahrbahn. Zeitschr. f. Verkehrssich. 2, 132 - 138, (197o).

POWERS, L., SOLOMON, D.: Headlight Glare and Median Width - Three Exploratory Studies. Highway Research Report 7o, 1 - 28, (1965).

RÜSSEL, A.: Psychologische Untersuchungen über Blendung im Straßenverkehr. Zentralblatt f. Verkehrsmed. 1, 1 - 13, (1957).

RUMAR, K.: Halogen Headlights and Conventional Headlights - A Comparison of Visibility Distances. Report 33, Dept. of Psychology, Univ. of Uppsala, Sweden, (1968).

RUMAR, K.: Sichtweiten bei Blendung mit falsch eingestellten Abblendlichtern. Zeitschr. f. Verkehrssich. 14, 111 - 115, (1968).

RUMAR, K.: Neueste Entwicklungen der Verbesserung der Sicht bei Nacht. Vortrag bei der 1o. Int. Studienwoche für Straßenverkehrstechn. und Verkehrssich. in Rotterdam (197o), Berichtsheft vom ADAC München.

SABEY, B.E.: TRRL Lab. Rep. Nr. 536, (1973).

STATENS VÄG- ON TRAFIKINST RAPP. Nr. 56, Schweden, (1974).

Lebenslauf

Am 1. September 1951 wurde ich, Heinrich Jauker, als Sohn des Albert Jauker und der Aloysia Jauker geb. Roßmann in Oberndorf a. N. geboren.
Nach dem Besuch der Volksschule (1958-1966) trat ich 1966 in das Staatl. Aufbaugymnasium mit Heim in Saulgau ein, wo ich am 25.6.1971 die Reifeprüfung bestand.

Im Wintersemester 1971 begann ich mein Medizinstudium an der Universität Tübingen. Den 1. und 2. Abschnitt der ärztlichen Prüfung legte ich im Wintersemester 1974/75 am 25.3.1975 bzw. Wintersemester 1976/77 am 31.3.1977 ab. Von April 1977 bis April 1978 war ich am Kreiskrankenhaus Reutlingen im Praktischen Jahr tätig. Den 3. Abschnitt der ärztlichen Prüfung bestand ich am 20. April 1978 mündlich in Reutlingen.

Von Juni 1978 bis Juli 1979 war ich bei der Bundeswehr als Stabsarzt tätig. Seit Juli 1979 bin ich Assistenzarzt in der Kinderabteilung des Kreiskrankenhauses Reutlingen.